



**SURAT KEPUTUSAN REKTOR  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
Nomor : 1175/R/2019**

Tentang  
**PENETAPAN PENELITI PENELITIAN CLUSTER PENGEMBANGAN PENDIDIKAN TINGGI  
PADA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
TAHUN ANGGARAN 2019**

**REKTOR UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

- Menimbang** : a. bahwa dalam rangka untuk kelancaran kegiatan penelitian Cluster Pengembangan Pendidikan Tinggi pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UIN Sultan Syarif Kasim Riau Tahun 2019, maka dipandang perlu menunjuk Peneliti Penelitian Cluster Pengembangan Pendidikan Tinggi;
- b. bahwa mereka yang namanya tercantum dalam Lampiran Surat Keputusan ini dianggap mampu dan cakap serta memenuhi syarat untuk melaksanakan tugas tersebut;
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b perlu menetapkan Surat Keputusan Rektor tentang Penunjukan sebagai Peneliti Penelitian Cluster Pengembangan Pendidikan Tinggi pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UIN Sultan Syarif Kasim Riau Tahun 2019.
- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 2014 tentang Aparatur Sipil Negara;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
5. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 2 Tahun 2005 tentang Perubahan IAIN Susqa menjadi UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 9 Tahun 2013 jo Peraturan perubahannya No.74 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
7. Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 49/PMK.02/2017 tentang Standar Biaya masukan Tahun Anggaran 2018.
8. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 77/KMK.05/2009 tentang Penetapan UIN Sultan Syarif Kasim Riau pada Departemen Agama sebagai Instansi Pemerintah yang melaksanakan Pola Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
9. Keputusan Menteri Agama RI Nomor 23 Tahun 2014 tentang Statuta UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
10. Keputusan Menteri Agama RI Nomor B.II/3/8589/ tanggal 25 Juni 2018 tentang Pengangkatan Rektor UIN Sultan Syarif Kasim Riau Periode 2018-2022;
11. Surat Pengesahan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran Badan Layanan Umum Petikan Tahun Anggaran 2019 Nomor SP DIPA-025.04.2.424157/2019, Tanggal 5 Desember 2018.

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan** : **SURAT KEPUTUSAN REKTOR TENTANG PENETAPAN PENELITI PENELITIAN CLUSTER PENGEMBANGAN PENDIDIKAN TINGGI PADA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU TAHUN 2019.**
- Pertama** : Menetapkan Peneliti Penelitian Cluster Pengembangan Pendidikan Tinggi pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UIN Sultan Syarif Kasim Riau Tahun 2019 sebagaimana tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Surat Keputusan ini.

Kedua.....

- Kedua** : Tugas Peneliti adalah:
1. Melaksanakan penelitian.
  2. Mengikuti peraturan yang ditetapkan oleh LPPM.
  3. Mengikuti seminar awal dan seminar akhir penelitian.
  4. Mengumpulkan laporan hasil penelitian.
  5. Mengumpulkan laporan keuangan penelitian.
  6. Melaporkan hasilnya kepada Rektor.
- Ketiga** : Biaya pelaksanaan dibebankan kepada DIPA BLU UIN Sultan Syarif Kasim Riau tahun Anggaran 2019 Nomor SP DIPA-025.04.2.424157/2019, Tanggal 5 Desember 2016, dengan rincian:
- Penelitian Cluster Pengembangan Pendidikan Tinggi : Rp. 41.000.000,-
- Keempat** : Surat Keputusan ini mulai berlaku mulai Juli s.d. Nopember 2019.
- Kelima** : Segala sesuatu akan diubah dan dibetulkan kembali sebagaimana mestinya, apabila terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

**KUTIPAN** Surat Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan.

Ditetapkan di : Pekanbaru  
Pada Tanggal : 11 Juli 2019  
Rektor,



*[Handwritten Signature]*  
/ Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, S.Ag., M.Ag t  
NIP. 197106061997031002

Tembusan Keputusan ini disampaikan kepada :

1. Sekretaris Jenderal Kementerian Agama RI Jakarta;
2. Direktur Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI Jakarta;
3. Inspektur Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI Jakarta;
4. Direktur Pendidikan Tinggi Agama Islam Kementerian Agama RI Jakarta;
5. Wakil Rektor di Lingkungan UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
6. Dekan Fakultas di Lingkungan UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
7. Kepala Biro di lingkungan UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
8. Kepala Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Pekanbaru;
9. Kepala Bagian Keuangan dan Akuntansi UIN Sultan Syarif Kasim Riau;
10. Bendahara Pengeluaran DIPA BLU UIN Sultan Syarif Kasim Riau.

Lampiran : SURAT KEPUTUSAN REKTOR UIN  
SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
Nomor : 1175 /R/2019  
Tanggal : 11 Juli 2019

PENETAPAN PENELITI PENELITIAN CLUSTER PENGEMBANGAN PENDIDIKAN TINGGI  
PADA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU TAHUN ANGGARAN 2019

NO	TIM PENELITI		JUDUL PENELITIAN
	PENELITI UTAMA	PENELITI ANGGOTA	
1	Dr Alex Wenda, ST, M.Eng	Inggih Permana, ST, M.Kom	Identifikasi Penyakit Tanaman Padi Berdasarkan Tekstur Analisis Blobs Dan Color Segmentation Menggunakan Support Vector Machine
2	Dr. Alimuddin, M.Ag	Drs. Dardiri, MA Drs. Masbukin, MA	Meretas Akar Pembaharuan Pemikiran Islam Melayu-Nusantara Dalam Majalah Al-Imam 1906-1908
3	Dr. Elin Haerani, ST, MT	Novriyanto, ST, M.Sc	Klusterisasi Bidang Keahlian Mahasiswa Menggunakan Teknik Data Mining Dan Fuzzy C-Means Untuk Mendukung Rencana Strategis Program Studi Teknik Informatika
4	Faiza Muklis, SE, M.Si.Ak	Andri Novius, SE, M.Si, Ak	Analisis Faktor Pendidikan Kewirausahaan, Religiositas, Motivasi, Dan Lingkungan Sosial Yang Mempengaruhi Entrepreneurial Intention Mahasiswa Perguruan Tinggi Islam Di Propinsi Riau
5	Fitra Lestari Norhiza, S.T, M.Eng, PhD	Mawardi, S.Ag, MSi Suherman, ST, MT Melfa Yola, ST, M.Eng	Asesmen Halal Good Manufacturing Practice Pada Rumah Potong Hewan (RPH) Di Riau
6	Dr Hartono, M.Pd	Dr. Salmaini Yeli, M.Ag Khotimah, M.Ag Khairiah, M.Ag, M. Ag	Implementasi Kurikulum Anti Korupsi Di Perguruan Tinggi Agama Islam Negeri Indonesia
7	Dr Johari, M.Ag	Muhammad Darwis, SHI, SH, MH Syahpawi, S. Ag, M. Sh	Manajemen Waris (Studi Kasus Pengelolaan Harta Warisan Di Kabupaten Kepulauan Meranti Propinsi Riau)
8	Dr. Kholil, S, M.Ag	Drs. Abu Bakar, M.S. Drs. Zulkifli	Jaringan Intelektual Tuan Guru Haji Khalil Bin Haji 'Abd Al-Shamad (1339-1379 H./1896-1960 M.)
9	Merry Siska, ST, MT	Reski Mai Candra, ST, M.Sc	Implementasi Redesain Stasiun Kerja Pembuatan Rajutan Dan Sepatu Pada Sentra Industri Kreatif Bandung Berdasarkan Aplikasi Novel Ergonomic Postural Assessment Method (Nerpa)
10	Musfialdy, S.Sos, M.Si	Edison, S.Sos, M.I.Kom Muhammad Soim, MA	Pengaruh Strategi Csr (Corporate Social Responsibility) Terhadap Penciptaan Nilai (Value Creation) Dan Keuntungan Ralation (Relation Reward) Dalam Meningkatkan Kinerja Pemasaran (Studi Empiris Tentang Print Off Event Di Harian Republika)
11	Dr. Rice Novita, S.Kom, M.Kom	Mustakin, ST, M.Kom Febi Nur Salisah, S.Kom, M.Kom	Implementasi Algoritma Dbscan Untuk Pengelompokan Dokumen Al-Quran Dan Hubungan Asosiasi Topik Pada Al-Quran Dengan Pendekatan The Concurrent Development Model
12	Dr. Rika, S.Si, M.Sc	Marhama Jelita, S.Si, M.Sc Susi Afrani, ST, MT	Studi Pemanfaatan Sampah Daun Lingkungan Kampus Uin Suska Riau Untuk Elektroda Piranti Penyimpan Energi Supercapacitor
13	Dr Rosmaina, SP, M.Si	Rita Elfianis, SP, M.Sc	Karakterisasi Dan Stabilitas Karakter Nenas Madu Tembilahan (Ananas Comosus L.Merr) Cv. Smooth Cayenne Dalam Rangka Pendaftaran Dan Pelepasan Varietas
14	Dr Sofia Hardani, M.Ag.	Nur Hasanah, SE, MM Dr.Hj. Hertina, M.Pd	Ketahanan Keluarga Menurut Masyarakat Urban (Studi Terhadap Idealisme Perempuan Tentang Keluarga Di Kota Batam)
15	Dr. Zaitun, M.Ag	Kasmiati, S.Pd.L,MA Nurhayati Zein, S.Ag, M.Sy.	Pengembangan Modul Pendidikan Agama Islam Berbasis Multikultural Di Smp Provinsi Riau

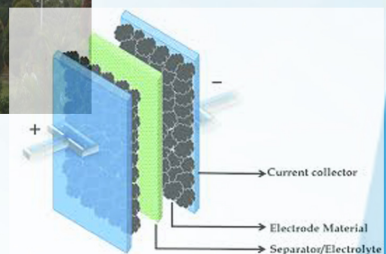
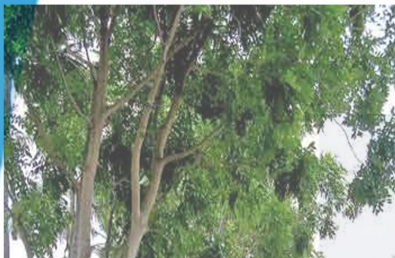
Rektor,

Prof. Dr. H. Akhmad Mujahidin, S.Ag., M.Ag  
NIP. 197106061997031002

# LAPORAN AKHIR PENELITIAN

## Cluster Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi

### STUDI PEMANFAATAN SAMPAH DAUN DI LINGKUNGAN UIN SUSKA RIAU UNTUK ELEKTRODA PIRANTI PENYIMPAN ENERGI SUPERKAPASITOR



**Peneliti:**  
**Ketua Peneliti**  
**Dr. Rika, M.Sc**  
**Marhama Jelita, M.Sc**  
**Susi Afriani, M.T**  
**Peneliti Mahasiswa:**  
**Suwandana, ST**



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UIN SULTAN SYARIF KASIM RIAU

2019

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN**

**(Cluster Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi)**

**STUDI PEMANFAATAN SAMPAH DAUN LINGKUNGAN KAMPUS  
UIN SUSKA RIAU UNTUK ELEKTRODA PIRANTI PENYIMPAN ENERGI  
SUPERKAPASITOR**



**Ketua Peneliti  
Dr. Rika, M.Sc**

Anggota:  
Marhama Jelita, M.Sc  
Susi Afriani, M.T

Peneliti Mahasiswa:  
Suwandana (11552101705)

Tim Penunjang:  
Prof. Dr. Erman Taer, M.Si  
Universitas Riau

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
2019**

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirabbil 'alamin*, puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga laporan penelitian yang berjudul “Studi Pemanfaatan Sampah Daun Lingkungan Kampus UIN Suska Riau Untuk Elektroda Piranti Penyimpan Energi Superkapasitor” ini dapat diselesaikan. Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam memberikan izin penggunaan laboratorium material dan nanoteknologi Jurusan Fisika FMIPA UNRI, seluruh mahasiswa yang terlibat, pembantu peneliti serta seluruh tim peneliti. Penelitian ini telah menghasilkan elektroda dengan struktur nano fiber dari rumput ilalang serta pemanfaatan daun angkana telah menunjukkan bahwa sampah lingkungan kampus UIN SUSKA Riau berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan dasar dalam pembuatan elektroda karbon untuk aplikasi pada superkapasitor. Namun demikian penulis memahami sepenuhnya bahwa penelitian ini masih sangat terbatas dan banyak kekurangan, untuk itu penulis secara terbuka menerima saran yang membangun. Akhirnya dengan segala kerendahan hati kami harapkan laporan penelitian ini dapat bermanfaat. Terimakasih.

Pekanbaru, 10 Desember 2019

Dr. Rika, S.Si, M.Sc

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN COVER</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Kajian /Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b>	
2.1 Superkapasitor .....	3
2.2 Potensi Limbah Daun .....	5
<b>BAB III METODE DAN TEKNIK PENGGALIAN DATA</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	7
3.2 Rencana Pembahasan .....	8
3.3 Jadwal kegiatan .....	9
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Elektroda Superkapasitor Berbasis Daun Angsana .....	10
4.1.1 Hasil Uji <i>Thermogravimetry Analysis</i> .....	10
4.1.2 Hasil Pengukuran Densitas .....	11
4.1.3 Hasil Karakterisasi <i>X-ray Diffraction</i> .....	12
4.1.4 Hasil <i>Scanning Electron Microscopy</i> .....	13
4.1.5 Hasil <i>Energy Dispersive X-ray</i> .....	15
4.1.6 Hasil Uji Serapan Gas N <sub>2</sub> .....	17
4.1.7 Hasil Uji <i>Cyclic Voltammetry</i> .....	18
4.2 Elektroda Karbon Berbasis Rumput Ilalang .....	20
4.2.1 Hasil Uji <i>Thermogravimetry Analysis</i> .....	20
4.2.2 Hasil Pengukuran Densitas .....	21

4.2.3 Hasil Karakterisasi <i>X-ray Diffraction</i> .....	21
4.2.4 Hasil SEM <i>Scanning Electron Microscopy</i> .....	22
4.2.5 Hasil EDX <i>Energy Dispersive X-ray</i> .....	24
4.2.6 Hasil Uji Serapan Gas N <sub>2</sub> .....	26
4.2.7 Hasil Uji <i>Cyclic Voltammetry</i> .....	28
4.3 Focus Group Discussion .....	29
4.3 Luaran yang telah Dicapai .....	30
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
Kesimpulan.....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	33
<b>LAMPIRAN</b> .....	35



## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Superkapasitor atau kapasitor elektrokimia merupakan piranti penyimpan energi dan banyak dipakai pada berbagai bidang seperti *portabel* elektronik, mobil hibrida, industri berskala besar dan manajemen energi [1]. Berdasarkan kemampuan penyimpan energi superkapasitor memiliki beberapa keunggulan seperti: mempunyai energi dan daya yang tinggi serta siklus hidup yang sangat panjang [2]. Peningkatan perhatian pada penelitian superkapasitor dalam beberapa tahun terakhir ini karena ia dapat dipasangkan untuk menggantikan baterai di bidang penyimpanan energi, terutama ketika penghantaran energi membutuhkan kecepatan yang tinggi. Perlu dicatat bahwa bahan elektroda memainkan peran kunci dalam pengembangan superkapasitor kinerja tinggi, beberapa faktor seperti ukuran dan bentuk pori, serta proses fabrikasi elektroda memegang peranan terhadap prestasi elektroda yang dihasilkan [3]. Energi dan daya tinggi, bahan elektroda superkapasitor dapat dihasilkan jika elektroda memiliki luas permukaan spesifik (SSA) yang tinggi yang berfungsi untuk penyerapan ion, distribusi ukuran pori (PSD) dapat dioptimalkan untuk menghasilkan kombinasi energi dan daya spesifik yang diinginkan [4]. SSA dan PSD sering dianggap sebagai dua faktor kunci yang mengendalikan energi dan daya spesifik dari sebuah superkapasitor.

Biomassa merupakan salah satu bahan dasar yang dapat dijadikan sebagai bahan asal dalam pembuatan elektroda karbon dengan biaya produksi yang relatif rendah [5]. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti bahan asal yang mudah didapat dengan jumlah yang besar, mudah dalam proses aktivasi dan stabil secara kimia. Beberapa resume penggunaan biomassa sebagai bahan asal elektroda superkapasitor menunjukkan nilai spesifik kapasitan yang baik yaitu dalam daerah 66 - 350 F/g [6]. UIN SUSKA merupakan salah satu kampus dengan tema green kampus yang ada di Indonesia. Pencanangan gagasan green kampus diwujudkan dengan penanaman lahan yang ada di areal kampus sehingga kampus kelihatan lebih hijau. Pengembangan green kampus merupakan ide positif yang perlu diapresiasi, namun gagasan ini sebaiknya perlu dilanjutkan dengan gagasan pengelolaan sampah organik tumbuhan berupa daun yang dihasilkan. Limbah daun yang ada disekitar kampus saat ini dikumpulkan oleh petugas kebersihan dan dibuang kesuatu tempat penampungan dan dibakar secara terbuka. Penelitian ini mengagas ide pengelolaan limbah daun sebagai bahan dasar untuk pembuatan elektroda karbon superkapasitor. Elektroda superkapasitor dari daun dapat dikembangkan menjadi elektroda karbon tanpa tambahan bahan perekat. Kinerja sel superkapasitor diuji menggunakan metoda siklik voltammetri, sedangkan sifat fisika elektroda yang dihasilkan

menggunakan pengujian sifat kristal, morfologi permukaan dan luas permukaan. Akan dicari kondisi optimum dalam pembuatan elektroda karbon dari bahan asal campuran berbagai macam limbah daun yang ada di lingkungan kampus.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah menemukan jalur pembuatan elektroda karbon tanpa perekat dari sampah daun angkana dan ilalang untuk digunakan sebagai elektroda pada piranti penyimpan energi superkapasitor

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menemukan rute pembuatan elektroda karbon dari beberapa limbah daun yang ada di sekitar kampus UIN SUSKA sebagai elektroda karbon aktif untuk piranti penyimpan energi superkapasitor.

## **1.4 Kajian / Penelitian**

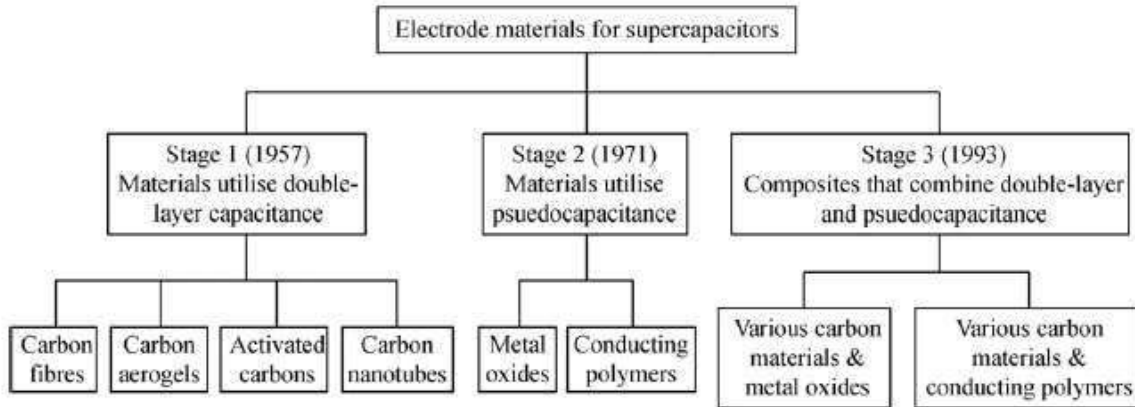
Pembuatan elektroda karbon tanpa perekat dari sampah daun angkana dan ilalang meliputi beberapa langkah kerja meliputi proses pengeringan, pra-karbonisasi, pengilingan, pengayakan, aktivasi kimia, penekanan, karbonisasi dan aktivasi fisika. Variasi dan pengujian pada tiap langkah kerja menjadi kunci keberhasilan untuk diperolehnya elektroda berprestasi tinggi. Pengujian sifat fisika dan elektrokimia seperti, uji morfologi permukaan, luas permukaan, uji kapasitansi, energi dan daya menjadi kunci keberhasilan jalur yang di tempuh, sehingga akhirnya dapat diperoleh sel superkapasitor dengan energi dan daya yang tinggi,

## BAB II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

### 2.1 Superkapasitor

Superkapasitor atau ultrakapasitor [7] adalah istilah yang digunakan untuk piranti penyimpan energi listrik yang mempunyai nilai kapasitan mencapai ribuan farad. Superkapasitor menjadi piranti penyimpan energi listrik yang baik untuk penyimpanan energi. Komemersial produk superkapasitor mempunyai spesifik energi dibawah  $10 \text{ Wh kg}^{-1}$ , lebih rendah jika dibandingkan dengan baterai litium ion baterai dapat mencapai  $150 \text{ Wh kg}^{-1}$ . Superkapasitor mempunyai spesifik daya yang lebih tinggi dari betterai. Sisi positif lain adalah siklus hidup yang lebih tinggi, dapat dioperasikan pada jangkauan temperatur yang lebih besar dan cas serta dis cas yang cepat.

Penyelidikan pada supercapasitor dapat dibagi dalam dua kelompok berdasarkan pada cara penyimpanan energi yang disebut: 1) superkapasitor redox dan 2) kapasitor elektrokimia dua lapisan. Superkapasitor redox (juga dikenal dengan istilah *pseudocapacitor*), dimana sebuah tipe transfer muatan refersibel Faradaic yang menghasilkan kapasitan, yang bukan elektrostatik murni (sehingga diberi awalan 'pseudo' yang membedakan dari kapasitan electric statik). Sedangkan, penyimpanan tenaga pada kapasitor elektrokimia dua lapisan (KEDL) hampir menyerupai kapasitor tradisional yaitu melalui pemisahan muatan. Superkapasitor dapat menyimpan lebih banyak energi per unit masa atau volume dari pada kapasitor konvensional karena: 1) pemisahan muatan terjadi pada jarak yang sangat kecil pada KEDL yang terjadi pada perbatasan elektoda dan elektrolit [5]. 2) Jumlah muatan yang dapat tersimpat dapat ditingkatkan dengan luas permukaan yang tinggi. Mekanisemen penyimpanan energi berlangsung secara cepat karena melibatkan perpindahan ion dari dan keluar permukaan elektroda. Pembagian lengkap tentang jenis bahan elektroda ditampilkan pada Gambar 2.1. Superkapasitor jenis KEDL adalah kategori supercapasitor yang sangat maju dikembangkan. Karbon dalam berbagai bentuk, secara intensif terus di kaji dan digunakan secara meluas sebagai materila elektrod pada KEDL yang pengembangan di fokuskan pada pencapaian luas permukaan yang lebih tinggi dengan berbagai bahan asal yang lebih murah, limbah perkotaan merupakan bahan asal yang potensial dijadikan bahan asal elektroda superkapasitor dengan harga yang relatif murah.



Gambar 2.1 Perkembangan penyelidikan bahan elektroda superkapasitor.

Struktur superkapasitor terdiri dari dua buah elektroda yang terendam dalam elektrolit, dengan sebuah pemisah ion-permeabel yang terletak diantara kedua elektroda, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Dalam piranti seperti itu, masing-masing antar muka elektroda elektrolit mewakili sebuah kapasitor sehingga sebuah sell lengkap dapat dipandang sebagai dua kapasitor tesusun secara seri. Untuk kapasitor simetris (elektroda yang sama), kapasitan sell, ditunjukkan sebagai :

$$\frac{1}{C_{cell}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1)$$

Dimana  $C_1$  dan  $C_2$  mewakili kapasitan untuk elektrod pertama dan kedua [8]. Kapasitan dwi-lapisan,  $C_{dl}$ , pada masing-masing antara muka elektrod ditunjukkan dengan rumusan

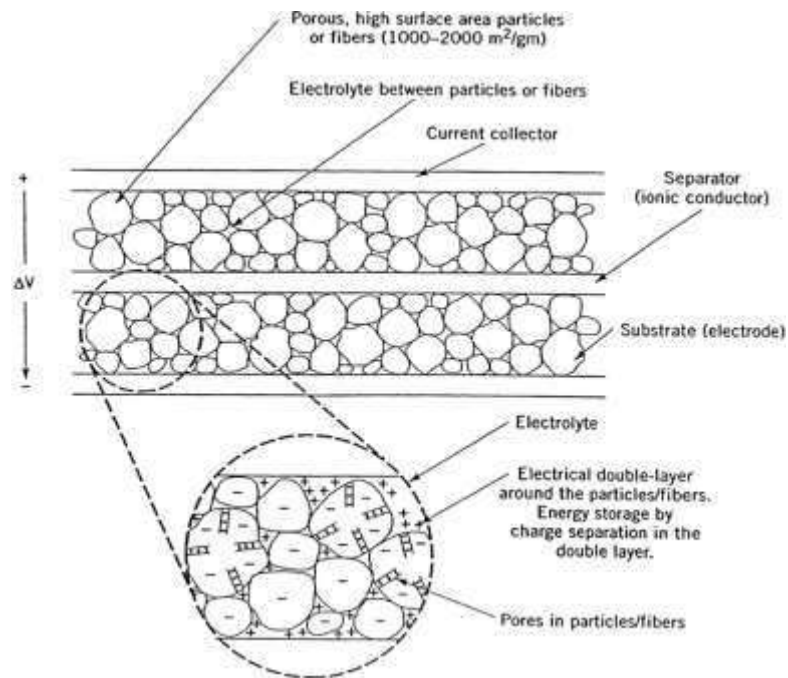
$$C_{dl} = \frac{\epsilon A}{4\pi t} \quad (2)$$

Dimana  $\epsilon$  adalah konstanta dielektrik dari daerah dwi-lapisan,  $A$  adalah luas permukaan dari elektroda dan  $t$  adalah tebal dari dwi-lapisan elektrik. Pada kapasitor dwi-lapisan, merupakan kombinasi dari luas permukaan yang tinggi (biasanya  $> 1500 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ) dengan pemisahan muatan yang sangat kecil (Angstroms) yang dapat menghasilkan kapasitan yang tinggi [9]. Energi ( $E$ ) dan daya ( $P_{max}$ ) dari superkapasitor dapat ditentukan berdasarkan

$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (3)$$

$$P_{max} = \frac{V^2}{4R} \quad (4)$$

Dimana  $C$  adalah kapasitan dc dalam Farads,  $V$  adalah tegangan dan  $R$  adalah eguivalen tahanan series (ESR) dalam ohm [10].



Gambar 2.2 Struktur superkapasitor

## 2.2 Potensi Limbah Daun.

Bagian tumbuhan yang cukup dominan adalah daun. Daun merupakan bagian penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan setiap tumbuhan dimana tempat terjadinya proses fotosintesis. Daun juga memiliki jumlah yang cukup banyak dibandingkan bagian tanaman yang lain seperti batang, cabang, ranting, bahkan akar. Limbah daun sangat melimpah dilihat dari siklus hidup daun yang akan mengalami gugur apabila sudah mulai menua, dimusim kering untuk mempertahankan kandungan air pada batang dan juga apabila diterpa angin yang cukup kuat. Limbah daun yang sudah dimanfaatkan sebagian besar untuk pupuk apakah diolah sebelumnya dengan hanya ditumpuk dan mengalami pembusukan secara alami atau melalui proses pembusukan melalui rekayasa kimia 'kompos'.

Namun begitu, untuk kajian superkapasitor berbasis biomassa, daun memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Dengan mengkaji bahan-bahan yang dikandung oleh bagian-bagian tumbuhan, diantaranya daun; sangat memungkinkan sekali daun memiliki potensi yang besar sebagai elektroda piranti penyimpan energi. Adapun potensi limbah daun yang pernah dilaporkan untuk digunakan sebagai elektroda karbon piranti superkapasitor dapat di lihat dari tabel 1. berikut.

Dari survey sementara beberapa tanaman yang banyak di tanam di lingkungan kampus UIN Suska Riau adalah jenis pepohonan Ketapang, Angsana, Pohon saga dan beberapa tanaman hias berukuran kecil. Dari observasi sementara didapati tanaman pohon Angsana lebih

dominan dan menghasilkan jumlah sampah daun yang lebih signifikan dari tanaman pohon yang lain. Untuk itu objek penelitian yang dipilih adalah sampah daun pohon Angsana yang tumbuh di lingkungan Kampus UIN Sultan syarif Kasim (SUSKA) Riau

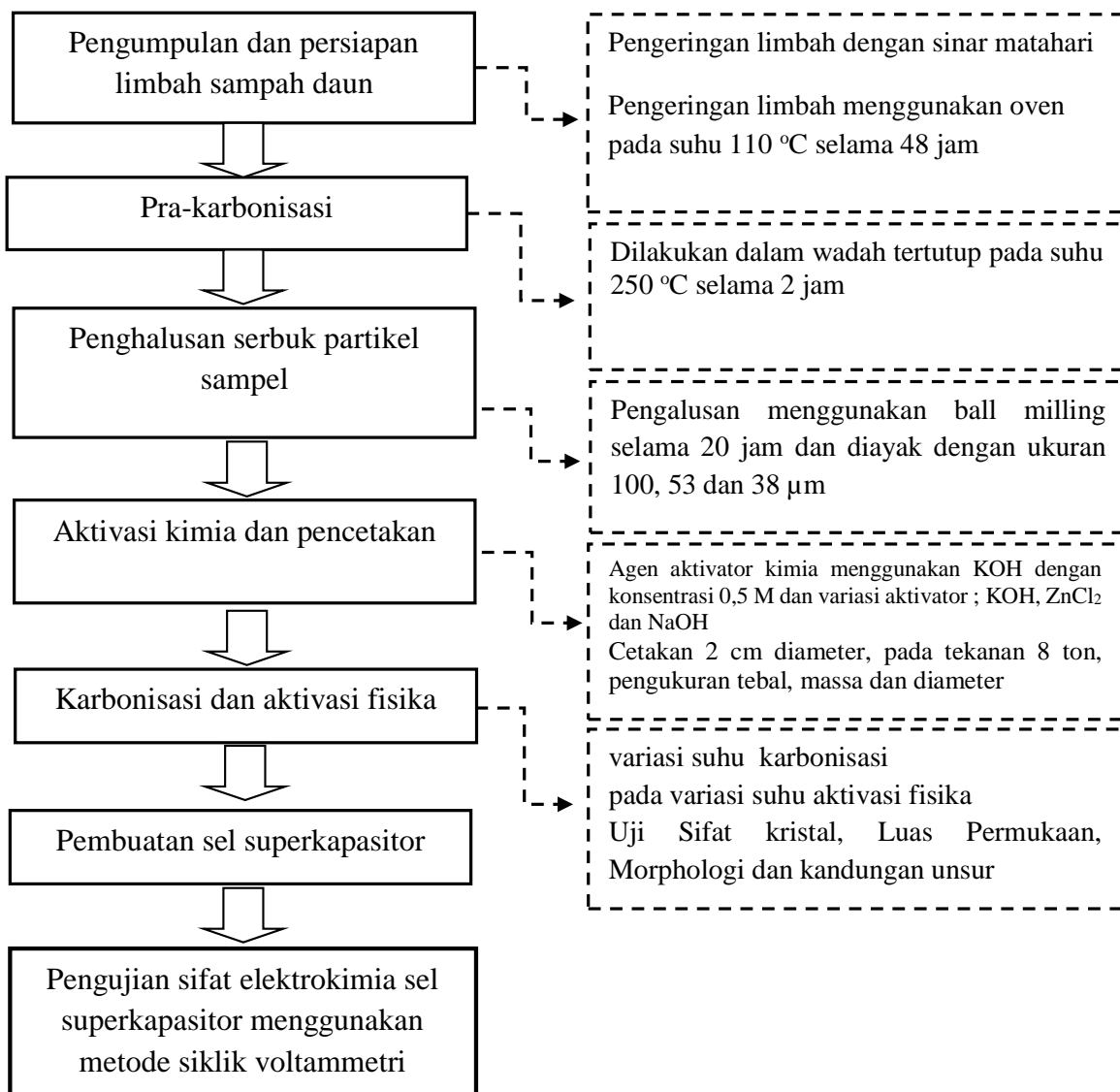
Tabel 2.1 Beberapa limbah daun yang yang dilaporkan sebagai elektroda karbon superkapasitor

Jenis daun	Aktivator	Elektrolit	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	Maximum C <sub>sp</sub> (F/g)	Referensi
Daun Teh	KOH	2 M KOH	2841	330	[11]
Daun Neem	No AC	1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1230	400	[12]
Daun Gandarusa (Willow leaves)	ZnCl <sub>2</sub>	6 M KOH	1031	216	[13]
Daun Ginkgo	KOH	6 M KOH	1132	373	[14]
Daun Tree (Tree leaves)	KOH	6 M KOH	1868.35	367	[15]
Serat Daun Nenas (Pineapple leaf fiber)	KOH	1 M Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	131.3	[16]
Daun Ginkgo	KOH	1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	835.4	374	[17]

## BAB III. METODE DAN TEKNIK PENGGALIAN DATA

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun instrumen penelitian ini adalah melalui survey lapangan jenis pepohonan yang tumbuh di lingkungan UIN Suska Riau dan mendata jenis sampah daun yang banyak dihasilkan dari jenis tanaman tersebut dan dilanjutkan dengan pekerjaan laboratorium untuk menyiapkan sampel dan kemudian juga akan dilanjutkan pengiriman sampel ke beberapa laboratorium di luar lingkungan UIN Suska. Secara berurutan proses kegiatan penelitian ini dapat di lihat pada diagram alir berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Selanjutnya untuk analisa sifat-sifat dasar material seperti uji sifat termal di Laboratorium biomassa UNILA lampung, sifat kristal di laboratorium Fisika UNP Padang, uji morphologi dengan alat Scanning Elektron Micrograph (SEM) di laboratorium material ITB Bandung, uji luas permukaan di laboratorium teknik kimia ITB, serta uji prestasi kapasitif di laboratorium material dan nanoteknologi FMIPA Universitas Riau.

Dari gambar 3 dari tahapan-tahapan perlakuan sampel dapat dijelaskan dimana sampel sampah daun yang diteliti untuk dijadikan elektoda piranti superkapasitor adalah berasal dari sampah daun pepohonan yang berada dilingkungan kampus UIN Suska Riau ini di kumpulkan melalui petugas kebersihan Kampus. Sampel tumbuhan pertama sekali mengalami penjemuran dan pengeringan, penghancuran dan di pra-karbonisasi. Setelah itu dihancurkan sampai menjadi serbuk dengan ukuran partikel yang seragam dengan melalui proses pengayakan. Selanjutnya beberapa proses aktivasi kimia dan fisika dan sampai dihasilkannya pellet karbon setelah melalui proses pencetakan. Akhir sekali adalah proses perakitan sel superkapasitor dan proses pengujian sifat elektrokimia menggunakan cyclic voltammetry (CV).

### **3.2 Rencana Pembahasan**

Pembahasan penelitian difokuskan pada pembahasan hasil uji yang telah diperoleh meliputi pembahasaan sifat morphologi permukaan menggunakan alat serapan gas N<sub>2</sub>, pembahasan sifat derajat kristalinitas menggunakan alat difraksi sinar X, pembahasan kandungan unsur yang terkandung menggunakan alat energi dispersive sinar X, pembahasan kandungan energi dan daya yang dapat disimpan oleh sel superkapasitor menggunakan metode siklik voltametri dan cas-discas pada arus konstan.



### 3.3 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Merancang pelaksanaan eksperimen						
2	Pengumpulan Bahan mentah						
3	Pembelian bahan kimia						
4	Pre-carbonization						
5	Aktivasi kimia						
6	Karbonisasi						
7	Aktivasi Fisika						
8	Polishing and washing						
9	Karakterisasi Karbon aktif						
*	<i>High surface area of ACM</i>						
10	Fabrikasi Sel supercapasitor						
11	Karakterisasi Sel supercapasitor						
*	<i>High energy and power of EC based on ACM</i>						
12	Laporan dan persiapan draft untuk publikasi internasional						

\*milestone

## BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

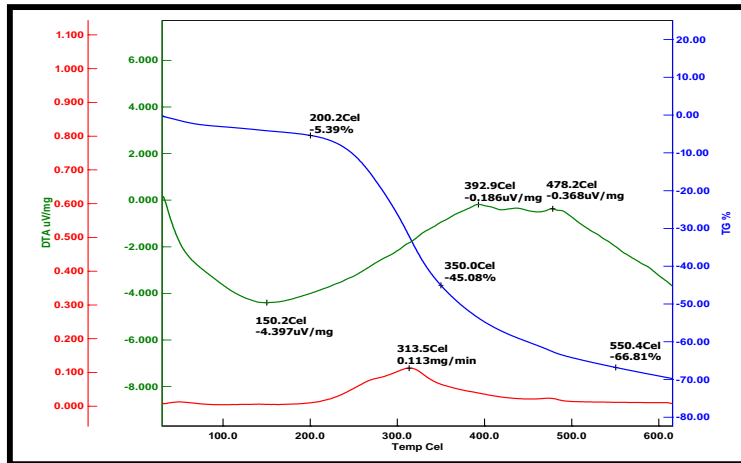
Dalam penelitian ini ada dua jenis sampah daun yang menjadi material dasar pembuatan elektroda superkapasitor yaitu daun angšana dan rumput ilalang. Hal yang mendasari pemilihan sampah daun ini diantaranya daun angšana merupakan jenis tumbuhan yang banyak di tanam di area kampus UIN Suska Riau dengan tujuan selain menciptakan lingkungan kampus yang sejuk dan hijau juga tanaman Angšana merupakan tanaman yang dapat menyerap polusi udara asap kendaraan. Tanaman Angšana banyak dijadikan sebagai tanaman paru-paru kota karena fungsi penyerapan polutan penyedia oksigen yang baik. Biomassa yang kedua adalah rumput ilalang yang biasa tumbuh liar di persekitaran lingkungan kampus juga banyak tumbuh liar akibat pembukaan lahan. Biasanya rumput ilalang ini rutin di pangkas untuk menjaga lingkungan sentiasa rapih dan terlihat bersih. Hasil pemotongan rumput ilalang ini biasanya akan terbiar bahkan cenderung dibakar oleh petugas kebersihan.

Dalam bagian ini akan di bahas hasil yang diperoleh dari uji karekteristik elektroda sel superkapasitor yang berbahan asal daun angšana dan rumput ilalang, kemudian hasil uji sel superkapasitor dari masing-masing bahan tersebut juga dibahas lebih lanjut.

### 4.1 Elektroda supercapasitor berbasis daun Angšana

#### 4.1.1 Hasil Susut Massa dan Uji *Thermogravity Analysis*

Untuk mengetahui sifat kestabilan termal biomassa daun angšana digunakan analisa *thermogravimetry analysis* (TGA). Analisa TGA ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan termal terhadap perubahan massa sampel yang digunakan sebagai suhu tahan pada proses karbonisasi dan aktivasi. Kurva TGA merupakan kurva yang menunjukkan pengurangan massa terhadap temperature. Pada Gambar 4.1 terdapat kurva berwarna biru yang merupakan kurva *Thermal Gravimetry* (TG) dan kurva berwarna merah yang merupakan kurva *Differential Thermal Termographymetry* (DTG). Kurva TG menunjukkan penurunan massa terhadap temperature dan kurva DTG menunjukkan laju perubahan massa sampel terhadap kenaikan suhu. Analisa ini dilakukan dengan mengalirkan nitrogen pada interval suhu dari 25°C sampai dengan 600 °C dan laju kenaikan suhu 10°C/min serta massa sampel yang diuji sebesar 2,230 mg.

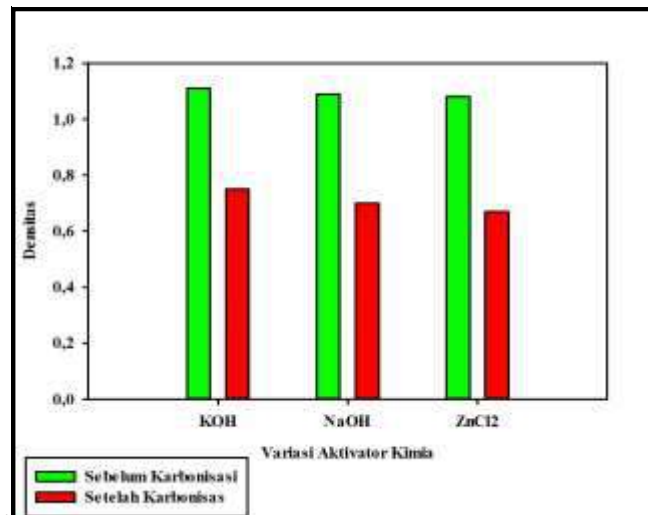


Gambar 4.1 Hasil Uji TGA

Kurva TG pada gambar 4.1 menunjukkan terjadinya 3 tahapan perubahan massa terhadap temperature. Tahap pertama terjadi pada temperature 200,2°C dengan penurunan bobot massa sebesar 5,39%, penurunan massa tahap pertama mengidentifikasi terjadinya penguapan kandungan air dan penguraian senyawa kompleks seperti hemiselulosa. Selanjutnya pada tahapan kedua terjadi pada suhu 350°C dengan perubahan massa yang sangat signifikan yaitu sebesar 45,08%. Penurunan ini disebabkan adanya penguraian dan penguapan senyawa kompleks penyusun sampel berupa hemiselulosa, selulosa dan lignin secara bersamaan. Pada tahap ketiga terjadi penyusutan sebesar 66,81% pada temperature 550,4 °C, yang disebabkan penguraian senyawa penyusun sampel yang masih berlangsung. Kurva DTG menunjukkan adanya puncak penyusutan massa pada suhu 313,5 °C dengan kecepatan penguraian 0,113 mg/min. Pada titik ini terjadi penyusutan senyawa paling banyak dalam satuan waktu. Penyusutan massa sampel terjadi karena penguraian senyawa kompleks seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin [18]. Analisa ini berhubungan dengan analisa pada kurva TG yang juga mengalami penurunan signifikan pada kurva, sehingga pada suhu 313,5 °C dipilih sebagai suhu tahan dalam proses karbonisasi dan aktivasi yang bertujuan untuk memaksimalkan penguraian senyawa kompleks penyusun sampel.

#### 4.1.2 Pengukuran Densitas

Data densitas karbon pada saat pencetakan dan setelah karbonisasi dapat dilihat pada gambar 4.2



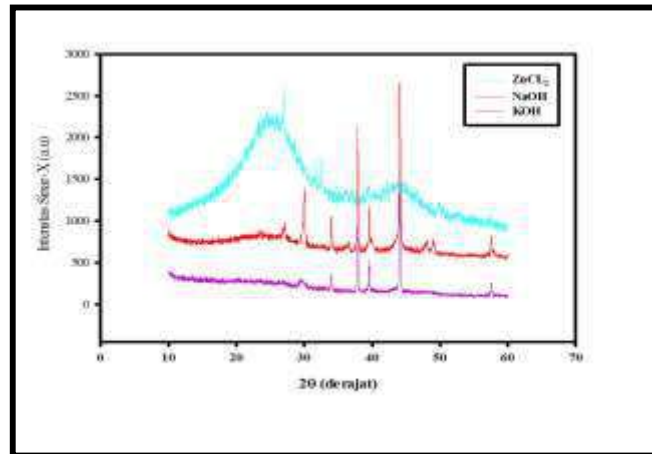
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Densitas

Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh proses karbonisasi terhadap perubahan densitas elektroda karbon. Densitas tertinggi terdapat pada sampel KOH dengan nilai densitas setelah karbonisasi sebesar  $0,75 \text{ gr/mm}^3$  dengan penurunan densitas sebesar  $0,36 \text{ gr/mm}^3$ . Sedangkan nilai densitas terendah terdapat pada sampel  $\text{ZnCl}_2$  dengan nilai densitas setelah karbonisasi sebesar  $0,63 \text{ gr/mm}^3$  dengan penurunan densitas sebesar  $0,45 \text{ gr/mm}^3$ . Densitas sampel mengalami penurunan yang signifikan setelah karbonisasi. Penurunan nilai densitas tersebut terjadi karena berkurang atau hilangnya kandungan unsur lain yang ada di dalam sampel karbon yang disebabkan pemanasan pada proses karbonisasi, sehingga terjadi penyusutan nilai massa dan mengurangi nilai densitas elektroda karbon. Pemanasan menyebabkan unsur-unsur pengotor menguap dan membentuk pori-pori baru pada elektroda karbon, dimana dapat diasumsikan semakin besar penurunan terhadap nilai densitas maka pori yang terbentuk akan semakin banyak.

#### 4.1.3 Hasil Karakterisasi X-Ray Diffraction

Difraksi sinar-X adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi struktur mikro suatu bahan termasuk elektroda karbon dari biomassa. Pola XRD untuk elektroda karbon daun angkana ditunjukkan pada Gambar 4.3. Kurva XRD menunjukkan puncak pada sudut difraksi tertentu. Pada gambar tersebut ditunjukkan dua puncak yang melebar dan beberapa puncak yang tajam pada sampel karbon yang diaktivasi dengan agen  $\text{ZnCl}_2$  dan untuk sampel dengan activator NaOH dan KOH tidak menunjukkan karakteristik ini. Secara umum, pada sampel dengan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  ada dua puncak lebar pada sudut difraksi  $22^\circ$  dan  $44^\circ$ . Kedua puncak ini nampak lebar dan tumpul pada sudut difraksi  $22^\circ$  dan  $44^\circ$  yang menunjukkan bahwa elektroda daun angkana adalah karbon dengan struktur amorf [17, 18].

Kehadiran puncak tajam ini menunjukkan adanya unsur-unsur lain selain karbon seperti pottasium dengan struktur Kristal.



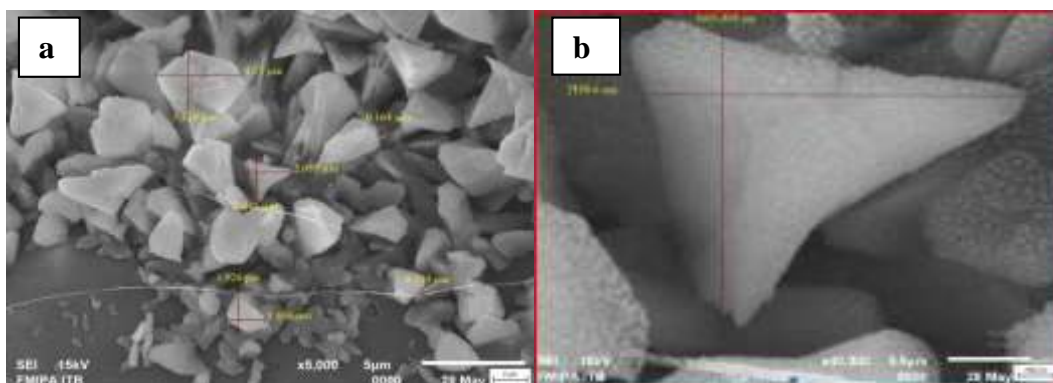
Gambar 4.3 Hasil pengujian difraksi sinar-X

Tabel 4.1 Jarak antar bidang (d), tinggi lapisan ( $L_c$ ) dan lebar lapisan ( $L_a$ )

Kode Sampel	$2\theta_{002} (^{\circ})$	$2\theta_{100} (^{\circ})$	$d_{002} (\text{\AA})$	$d_{100} (\text{\AA})$	$L_c (\text{\AA})$	$L_a (\text{\AA})$
KOH	22,469	44,628	3,9538	2,0288	4,8341	5,5999
NaOH	22,485	44,547	3,9510	2,0323	6,4015	13,9813
ZnCl <sub>2</sub>	23,996	44,272	3,7055	2,0443	15,5870	7,0639

#### 4.1.4 Hasil Scanning Electron Microscopy

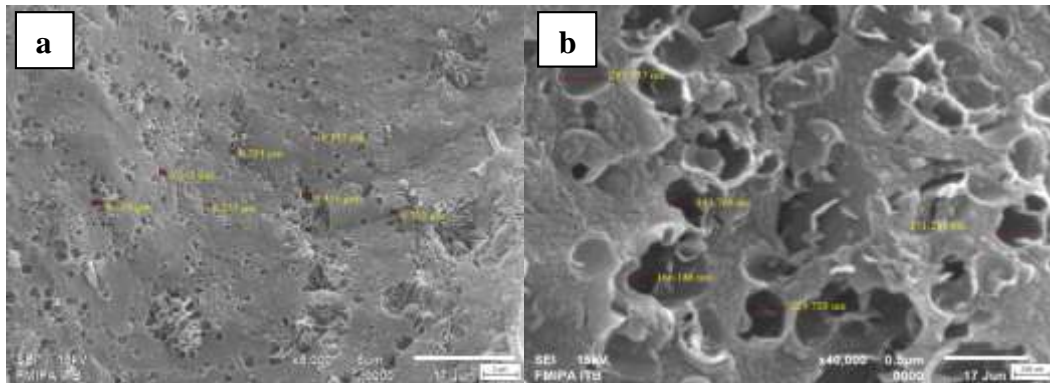
Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengetahui struktur morfologi karbon aktif daun angšana. Karakterisasi karbon aktif daun angšana yang diaktivasi dengan menggunakan gas CO<sub>2</sub>. Gambar hasil pengukuran SEM diambil dengan perbesaran 5000 kali dan 40000 kali. Berikut adalah gambar hasil karakterisasi SEM yang dilakukan pada variasi KOH.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian KOH untk perbesaran a. 5000x dan b. 40000x

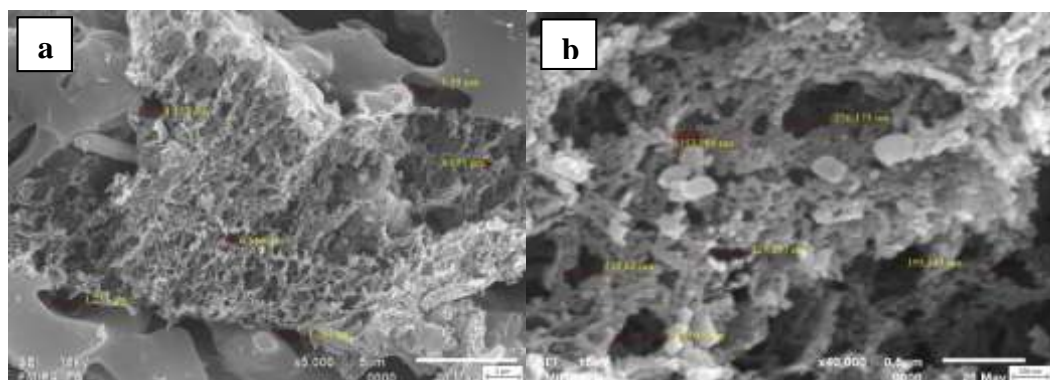
Pada Gambar 4.4 menunjukkan gambar hasil perbesaran sampel variasi KOH yang di perbesaran 50000 kali dan 40000 kali. Gambar tersebut memperlihatkan adanya pori dan

partikel serta sedikit serat halus. Bentuk partikel-partikel yang terlihat memiliki ukuran yang bervariasi dan bentuk yang tidak beraturan. Panjang dan lebar partikel tersebut berkisaran antara 1,69  $\mu\text{m}$  hingga 4,11  $\mu\text{m}$ . Gambar tersebut juga memperlihatkan adanya partikel yang berbentuk serat panjang dengan diameter berkisar antara 0,139  $\mu\text{m}$  hingga 0,164  $\mu\text{m}$ . Pada Gambar 4.4 (b) terlihat bentuk satu partikel utuh yang berbentuk segitiga yang tidak beraturan dengan pori yang terbentuk diantara celah-celah partikel.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian NaOH untuk perbesaran a. 5000x dan b. 40000 x

Pada Gambar 4.5 (a) menunjukkan hasil SEM dengan perbesaran 5000 kali. Pori-pori yang terdapat pada pertikal sangat kecil dan tidak merata serta memiliki bentuk lingkarang dengan diameter yang bervariasi, adapun ukuran dari pori yang terbentuk berkisar antara 0,294  $\mu\text{m}$  sampai 0,431  $\mu\text{m}$ . Hasil gambar SEM pada perbesaran 5000 tersebut didominasi oleh partikel dari karbon yang dibandingkan dengan pori yang terlihat jauh lebih sedikit. Gambar 4.5 (b) memperlihatkan hasil karakterisasi SEM dengan bentuk pori yang terlihat lebih jelas, Pada perbesaran 40000 kali menunjukkan bahwa pori yang terbentuk pada karbon bertingkat sampai ke bagian dalam dari partikel karbon dengan ukuran yang berkisar antara 0,166  $\mu\text{m}$  sampai dengan 0,285  $\mu\text{m}$ .



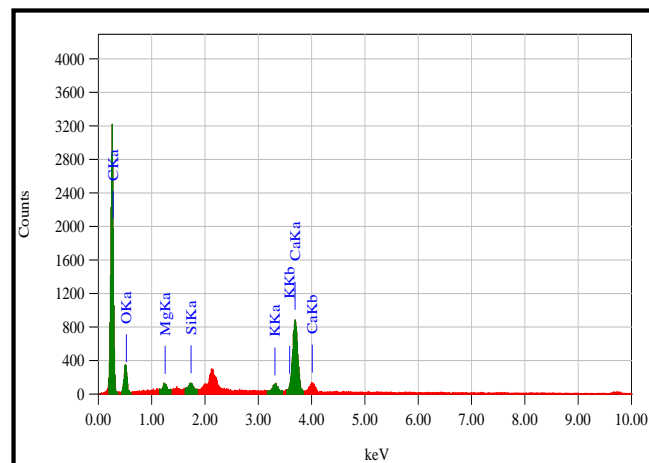
Gambar 4.6 Hasil Pengujian ZnCl untuk perbesaran a. 5000x dan b. 40000 x

Pada Gambar 4.6 untuk variasi  $\text{ZnCl}_2$  terlihat bahwa bentuk partikel yang tidak beraturan tetapi diantara partikel tipis yang saling saling terhubung terdapat banyak rongga

yang terbentuk. Banyak rongga yang terbentuk di celah partikel ini mengidentifikasi bahwa pori yang terbentuk lebih banyak pada variasi  $ZnCl_2$ . Gambar dengan perbesaran 40000x menunjukkan adanya lubang-lubang besar yang terbentuk diantara partikel-partikel kecil dengan ukuran lubang antara 0,153  $\mu m$  sampai dengan 0,303  $\mu m$ . Bentuk pori yang lebih banyak ini di pengaruhi oleh aktivator kimia yang digunakan dalam mengaktivasi sampel. Aktivator  $ZnCl_2$  menyebabkan pori yang terbentuk lebih banyak sehingga dapat mempengaruhi nilai kapasitansi menjadi lebih besar.

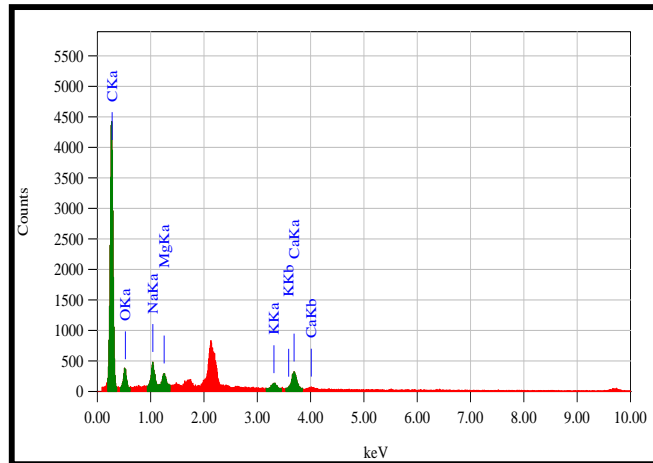
#### 4.1.5 Hasil *Energy Dispersive X-ray Analysis*

Karakterisasi kandungan unsur elektroda karbon dari daun angkana dapat dilakukan dengan menggunakan metode energi dispersif sinar sinar-X (EDX). Pengujian EDX dilakukan untuk melihat kandungan yang terdapat pada sampel elektroda karbon, yang bertujuan untuk menunjukkan tingkat kemurnian unsur karbon serta unsur-unsur senyawa lain yang terdapat dalam sampel daun angkana. Gambar 4.7 merupakan kurva hasil EDX untuk sampel dengan variasi aktivasi KOH.



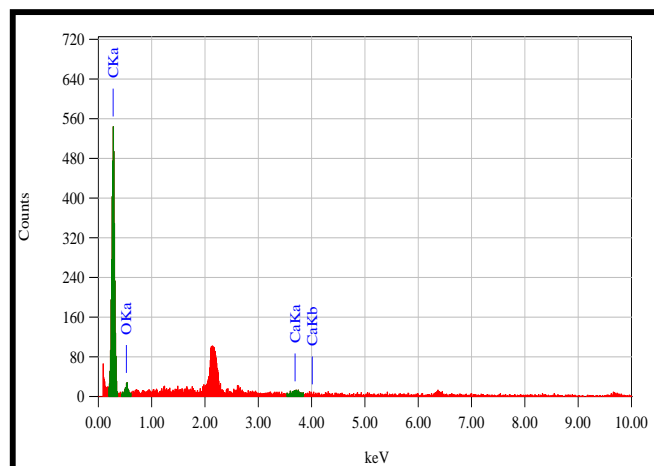
Gambar 4.7 Hasil karakterisasi EDX Variasi KOH

Pada Gambar 4.7 dilihat bahwa kandungan unsur yang terdapat sampel karbon variasi KOH terdiri dari unsur Karbon (C), Oksigen (O), Magnesium (Mg), Silika (Si), Kalium (K) dan Kalsium (Ca). Kurva 4.7 juga memperlihatkan bahwa unsur karbon yang memiliki puncak tertinggi dibandingkan dengan unsur lainnya dengan kandungan karbon sebanyak 76,5%. Unsur oksigen merupakan unsur yang berada pada puncak kedua, oksigen terkandung dalam sampel karbon disebabkan karena adanya ikatan karbon dengan oksigen pada saat proses aktivasi  $CO_2$  berlangsung, besarnya oksigen yang terkandung 16,62%. Kemudian juga terdapat kandungan Kalsium sebanyak 5,77%, kalsium sebanyak 0,47%, magnesium sebanyak 0,37% dan kalium sebanyak 0,27% yang disebabkan penggunaan KOH sebagai bahan aktivator.



Gambar 4.8 Hasil karakterisasi EDX Variasi NaOH

Pada gambar 4.8 dapat dilihat kandungan unsur yang terdapat pada sampel karbon dengan variasi aktivator menggunakan NaOH. Puncak tertinggi pada kurva menunjukkan terdapatnya kandungan karbon yang dominan pada sampel karbon daun angsana, dengan jumlah kandungan sebanyak 89,04%. Unsur lain yang terkandung selanjutnya yaitu, oksigen sebanyak 8,51%, Natrium sebanyak 0,98% yang disebabkan karena aktivasi kimia menggunakan NaOH, Magnesium sebanyak 0,42%, kalium sebanyak 0,2 % dan Kalsium sebanyak 0,8%.



Gambar 4.9 Hasil karakterisasi EDX Variasi ZnCl

Pada Gambar 4.9 diketahui bahwa kandungan unsur yang terdapat pada sampel karbon dengan variasi aktivasi kimia dengan menggunakan  $ZnCl_2$ . Pada kurva dapat dilihat hanya terdapat 3 unsur senyawa yang terkandung dalam sampel karbon daun angsana yaitu unsur karbon yang terkandung sebanyak 95,75%, oksigen sebanyak 4,07% dan Calsim sebanyak 0,18%. Berdasarkan kandungan yang terdapat pada sampel karbon yang hanya terdiri dari tiga



unsur senyawa penyusun, ini berarti kandungan karbon memiliki tingkat kemurnian yang tinggi.

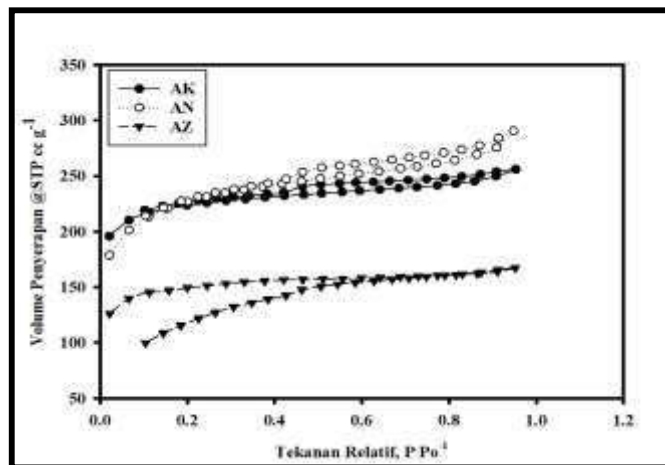
Pada Tabel 4.2 berikut menampilkan kandungan unsur-unsur senyawa yang terdapat pada semua variasi sampel karbon daun angsana. Diketahui bahwa terdapat perbedaan kandungan pada setiap sampel. Hal ini dikarenakan perbedaan bahan kimia yang digunakan sebagai aktivator pada proses aktivasi.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Kandungan Unsur Semua Variasi

Elemen Unsur	Unsur Kimia	KOH		NaOH		ZnCl <sub>2</sub>	
		Massa (%)	Atom (%)	Massa (%)	Atom (%)	Massa (%)	Atom (%)
Karbon	C	63,32	76,5	83,56	89,04	94,07	95,75
Oksigen	O	18,33	16,62	10,64	8,51	5,32	4,07
Silika	Si	0,52	0,27	-	-	-	-
Natrium	Cl	-	-	1,77	0,98	-	-
Kalium	K	1,27	0,6	0,72	0,24	0,6	0,18
Kalsium	Ca	15,94	5,77	2,52	0,8	-	-
Magnesium	Mg	0,62	0,37	0,8	0,42	-	-

100

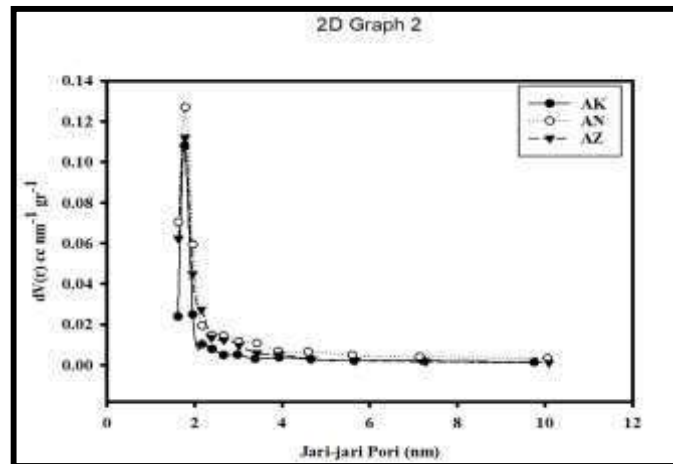
#### 4.1.6 Hasil Uji Serapan Gas N<sub>2</sub>



Gambar 4.10 Grafik Tekanan Relatif Terhadap Volume Penyerapan

Pengukuran serapan gas N<sub>2</sub> dilakukan untuk mengetahui besarnya luas permukaan spesifik karbon dan ditunjukkan pada Gambar 4.10. Kurva tersebut menunjukkan hubungan antara Volume adsorpsi @STP (cm<sup>3</sup>/g) terhadap tekanan relatif (atm). pengujian luas permukaan elektroda karbon ini menggunakan metode *Brenauer Emmet Teller* (BET). Metode ini bertujuan untuk mengetahui adsorpsi fisika molekul gas pada permukaan padat dan berfungsi sebagai dasar untuk menganalisis luas permukaan sampel karbon.

Ukuran pori karbon aktif berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan karbon. Gambar 4.11 menunjukkan ukuran pori dari sampel karbon berjenis mesopori yang berada dalam rentang 1-25 nm. Ukuran mesopori dalam karbon aktif memberikan efek yang baik dalam kemampuan karbon dalam melakukan proses penyerapan gas N<sub>2</sub>.



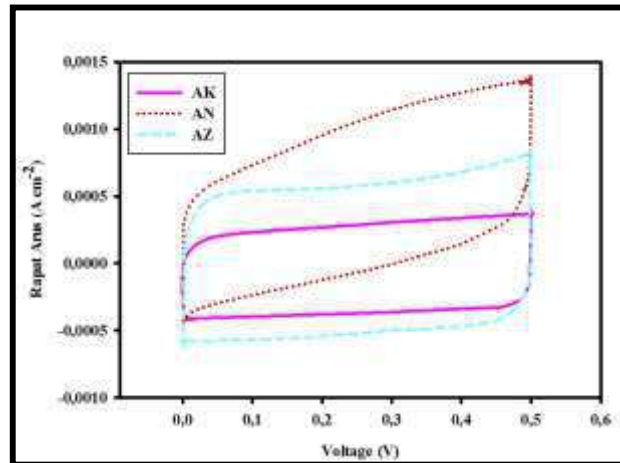
Gambar 4.11 Grafik besar pori terhadap volume

Berdasarkan kurva pada karakterisasi BET menunjukkan bahwa variasi KOH memiliki luas permukaan spesifik sebesar 709,644 m<sup>2</sup>/g dengan volume maksimal gas N<sub>2</sub> yang diserap sebesar 3,9690 cm<sup>3</sup>/g dan tekanan relative sebesar 0,95325. Luas permukaan sampel dengan variasi NaOH sebesar 738,230 m<sup>2</sup>/g dengan volume penyerapan sebesar 4,5025 cm<sup>3</sup>/g dan tekanan relatif sebesar 0,94819. Variasi sampel dengan menggunakan aktivator ZnCl memiliki luas permukaan sebesar 477,513 m<sup>2</sup>/g dengan kemampuan volume maksimal penyerapan gas sebesar 2,5947 cm<sup>3</sup>/g dan tekanan relative sebesar 0,95173. Berdasarkan data tersebut bahwa luas permukaan yang terbesar berturut-turut dimulai dari variasi NaOH, KOH dan ZnCl<sub>2</sub>. Besarnya luas permukaan tersebut berbanding terbalik dengan kapasitas spesifik, dimana perlu diketahui bahwa luas permukaan tidak menjadi ukuran mutlak yang menentukan besarnya nilai kapasitas spesifik dari sel superkapasitor sehingga perlunya dilakukan pertimbangan terhadap faktor lain yang dapat mempengaruhi.

#### 4.1.6 Hasil dari Uji *Cyclic Voltammetry*

Metode *cyclic voltammetry* (CV) digunakan untuk mengukur nilai kapasitas spesifik dari suatu elektroda karbon. Kurva CV menampilkan hubungan antara tegangan terhadap rapat arus. Rapat arus ditampilkan sebagai arus *Charge* (I<sub>c</sub>) yang merupakan proses pengisian ion ke dalam pori elektroda pada potensial 0-0,5v dan arus *discharge* (I<sub>d</sub>) yang merupakan proses pengosongan pada tegangan 0,5-0V. Pengukuran CV dilakukan pada laju pemindaian 1 mV/s karena ion akan berdifusi secara merata ke permukaan karbon sehingga nilai kapasitas yang

dihasilkan lebih tinggi. Adapun data yang ditampilkan pada Gambar 4. Menunjukkan bahwa ada perbedaan luas yang dibentuk oleh arus charge dan discharge pada sampel yang diamati.



Gambar 4.12 Hasil Pengukuran CV

Berdasarkan kurva pada Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa luas daerah arus  $I_c$  dan  $I_d$  yang terbesar ditunjukkan pada kurva pada variasi  $ZnCl_2$  (AZ), kemudian kurva NaOH (AN) merupakan kurva dengan luas kedua dan kurva yang ketiga merupakan kurva KOH (AK) yang mengalami perubahan yang signifikan dengan luas yang lebih kecil. Berdasarkan bentuk kurva tersebut dapat disimpulkan sampel yang mempunyai nilai kapasitansi tertinggi adalah sampel dengan ukuran kurva yang luas, begitu pula sebaliknya sampel dengan kapasitansi yang paling rendah adalah sampel dengan luas kurva yang paling kecil. Nilai Kapasitansi spesifik dari analisa *cyclic voltammetry* dapat ditentukan dengan menggunakan data nilai arus  $I_c$  dan  $I_d$ , massa elektroda, laju pemindaian

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Kapasitansi Spesifik

Variasi	$I_c$ (A/cm <sup>2</sup> )	$I_d$ (A/cm <sup>2</sup> )	m (g)	Csp (F/g)
KOH	0,000416	-0,00037	0,0089	88
NaOH	0,001067	0,000059	0,00905	124
$ZnCl_2$	0,001339	-0,00072	0,01125	202

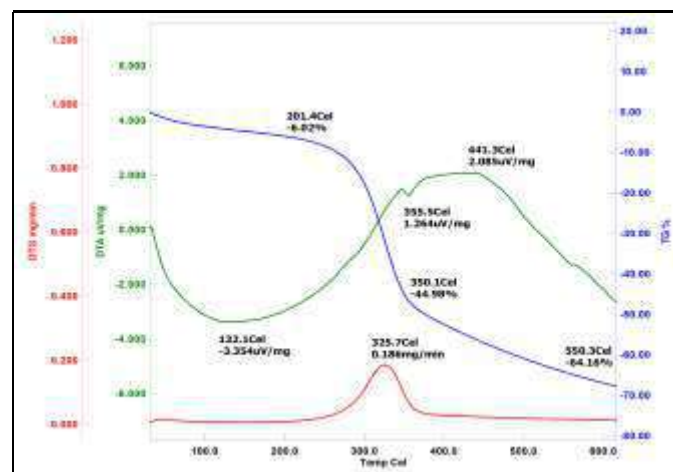
Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui bahwa nilai kapasitansi spesifik terbesar terdapat pada variasi  $ZnCl_2$  yaitu sebesar 202 F/g dan yang terendah pada variasi KOH dengan nilai kapasitansi sebesar 88 F/g. Nilai ini berbanding terbalik terhadap pengujian luas permukaan dengan metode BET. Namun perlu diketahui bahwa tidak hanya mempertimbangkan nilai luas permukaan untuk menentukan nilai kapasitansi spesifik dari sel superkapasitor namun terdapat penelitian lain yang menentukan nilai kapasitansi melalui faktor lainnya, sehingga nilai kapasitansi spesifik tidak selamanya berbanding lurus dengan nilai luas permukaan [19].

Berdasarkan itu diketahui bahwa luas permukaan tidak menjadi ukuran mutlak yang menentukan besarnya nilai kapasitansi spesifik sehingga perlu dilakukan pertimbangan terhadap faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai kapasitansi tersebut.

## 4.2 Elektroda Karbon dari Rumput Ilalang

### 4.2.1 Data Hasil Uji *Thermogravity Analysis*

Pengujian TGA ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Lampung. Pengujian TGA ini diperlukan untuk mengetahui stabilitas termal dari suatu material dengan menghitung perubahan massa terhadap perubahan temperatur, sehingga akan membentuk kurva sampel yang mengalami dekomposisi multi tahap. Pengujian TGA ini berguna untuk perhitungan temperatur dan waktu pembakaran pada proses karbonisasi dan aktivasi fisika pada tahap selanjutnya. Berikut adalah hasil dari uji TGA yang telah dilakukan:



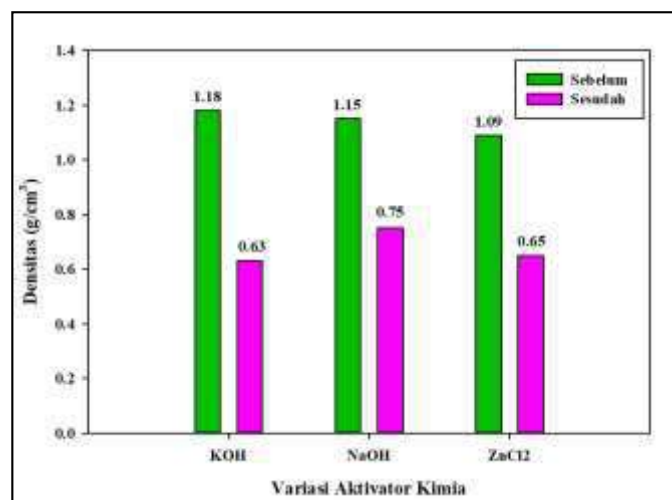
Gambar 4.13 Hasil Uji TGA

Pada Gambar 4.13 di atas, kurva biru memperlihatkan besar presentase dari susut massa karbon ilalang yang disebabkan karena proses pertambahan temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) yang disebut dengan kurva TG (*Thermogravity*). Sedangkan kurva merah menunjukkan susut pada massa sampel selama proses pengujian dari suhu  $25^{\circ}\text{C}$  sampai  $600^{\circ}\text{C}$  yang disebut dengan kurva DTG (*Differential Thermal Gravity*). Dari gambar terlihat bahwa massa mengalami penyusutan awal pada saat pemanasan di suhu  $201,4^{\circ}\text{C}$  sebesar  $6,02\%$  yang kemungkinan terbesarnya yaitu karena awal dari penguapan  $\text{H}_2\text{O}$ . Kemudian pada suhu  $350,1^{\circ}\text{C}$  terjadi penyusutan massa sampel sebesar  $44,98\%$ . Penyusutan ini disebabkan oleh penguraian unsur pembentuk karbon pada ilalang yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin [18]. Pada kurva DTG terdapat puncak yang menunjukkan penurunan berat massa yaitu pada suhu  $325,7^{\circ}\text{C}$  dengan laju maksimum penurunan berat massa adalah  $0,186\text{ mg/menit}$ . Artinya pada puncak kurva ini yaitu pada saat

suhu 325,7 °C sampel karbon ilalang melepaskan material lain sehingga sampel mengalami kestabilan termal.

#### 4.2.2 Hasil Pengukuran Densitas

Nilai densitas elektroda sel superkapasitor elektroda karbon sangat berperan penting untuk mendapatkan nilai kapasitansi yang baik. Proses setelah aktivasi kimia, karbonisasi dan aktivasi fisika merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi nilai densitas elektroda karbon. Aktivator kimia dapat bereaksi secara langsung dengan butiran-butiran karbon, sementara itu aktivasi fisika bereaksi dengan permukaan elektroda yang mengakibatkan nilai densitas dari semua variasi sampel mengalami penurunan [20]. Apabila terjadi penurunan densitas dari proses tersebut berarti proses berhasil untuk membentuk pori baru.

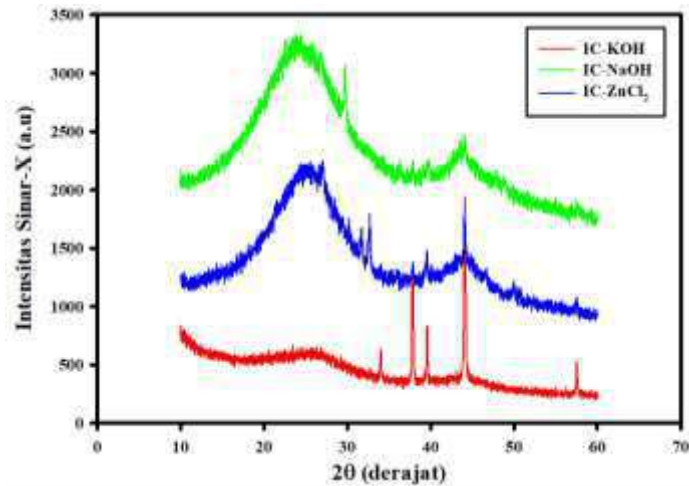


Gambar 4.14 Hasil Pengukuran Densitas

Pada saat proses aktivasi fisika, permukaan karbon akan mengalami proses pemecahan karbon menjadi lebih halus, sehingga akan terbentuk pori baru yang lebih meningkat dibanding sebelumnya yang mengakibatkan kerapatan daripada karbon mengalami penurunan. Pada ketiga sampel, sampel KOH mengalami penurunan densitas terbesar yaitu sebesar 0,55 g/cm<sup>3</sup> diikuti dengan ZnCl<sub>2</sub> sebesar 0,44 g/cm<sup>3</sup> dan NaOH sebesar 0,4 g/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan data densitas, masing-masing aktivator kimia memberi pengaruh yang berbeda terhadap penyusutan kerapatan karbon.

#### 4.2.3 Hasil Karakterisasi X-Ray Diffraction

Karakterisasi XRD ini digunakan untuk mengetahui sifat dari material, apakah termasuk Kristal atau amorf. Berikut merupakan grafik hubungan antara intensitas sinar-X dan sudut difraksi 2θ semua variasi elektroda karbon ilalang yang dikarakterisasi menggunakan metode difraksi sinar-X.



Gambar 4.15 Data XRD Plot

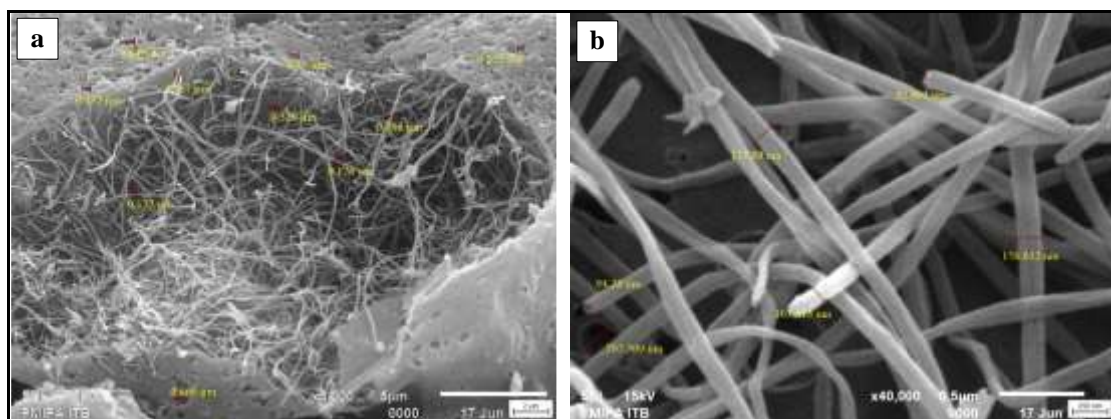
Tabel 4.4 Data parameter kisi elektroda ilalang berdasarkan hasil xrd

Kode Sampel	$2\theta_{002}$ ( $^{\circ}$ )	$2\theta_{100}$ ( $^{\circ}$ )	$d_{002}$ ( $\text{\AA}$ )	$d_{100}$ ( $\text{\AA}$ )	$L_c$ ( $\text{\AA}$ )	$L_a$ ( $\text{\AA}$ )	$L_c/L_a$
IC-NaOH	22.581	44.146	3.934	2.049	16.054	4.639	3.460
IC-ZnCl <sub>2</sub>	22.475	44.797	3.953	2.022	7.051	17.068	0.413
IC-KOH	21.557	44.754	4.119	2.023	3.343	63.008	0.053

Berdasarkan data hasil *fitting* menunjukkan perbedaan tingkat nilai  $L_c$ , dimana nilai IC-KOH memiliki  $L_c$  terkecil yaitu 3,343 diikuti oleh  $ZnCl_2$  7.051 dan NaOH 16.054. Berdasarkan persamaan  $S=2/\rho L_c$  menunjukkan semakin kecil nilai  $L_c$  maka luas permukaan akan semakin besar [21]. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran luas permukaan menggunakan metode BET.

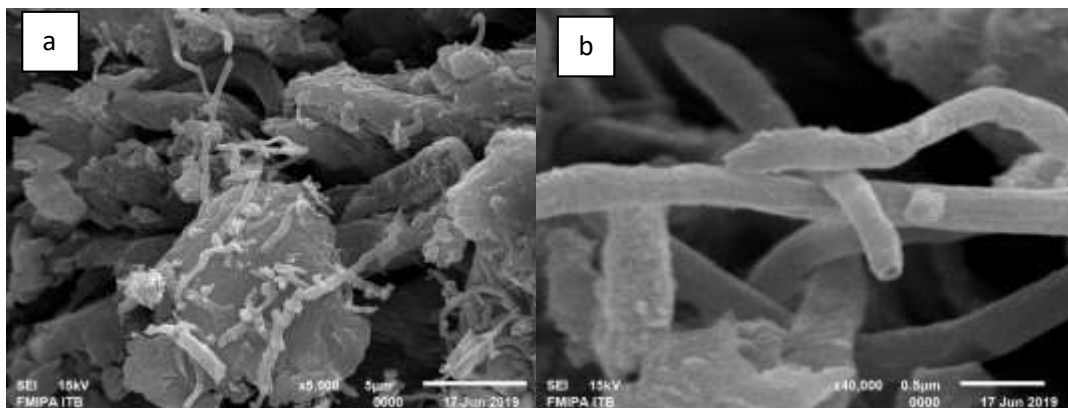
#### 4.2.4 Hasil Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy*

Karakterisasi SEM digunakan untuk mengetahui morfologi, topografi, komposisi dan kristalogi pada permukaan karbon yang dihasilkan dengan pembesaran sampai dengan 40.000x, sehingga dapat diketahui struktur dari partikel dan pori yang terbentuk. Berikut adalah hasil karakterisasi SEM yang telah dilakukan pada variasi KOH.



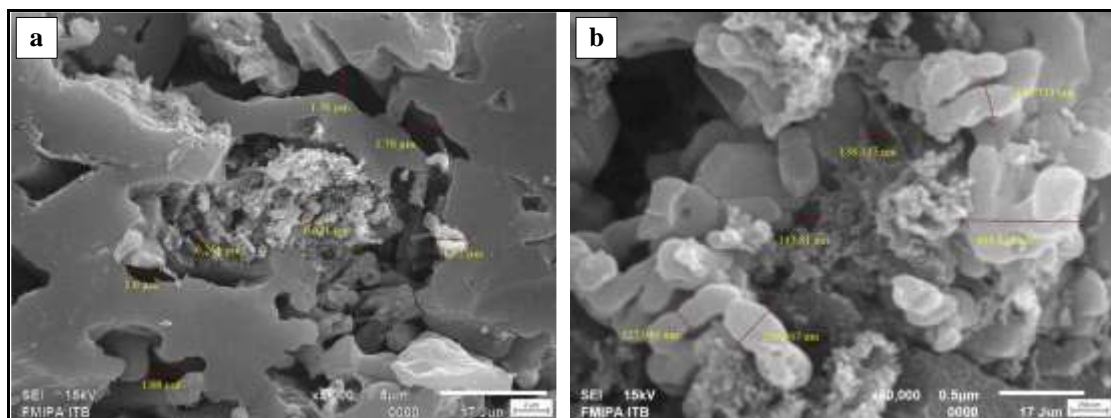
Gambar 4.16 Hasil Pengujian KOH untk perbesaran a. 5000x dan b. 40000 x

Pada Gambar 4.16 menunjukkan perbesaran sampel variasi KOH di perbesaran 5.000x dan 40.000x. Pada gambar terlihat bahwa struktur karbon memiliki fiber dengan rentang diameter 90-160 nm. Didalam fiber ini terdapat rongga dalam yang memanjang dengan variasi dan jumlah yang sangat banyak. Selain itu juga ditemukan pori dengan variasi 0,1-0,7  $\mu\text{m}$  yang sangat banyak sehingga membuat densitas karbon menjadi rendah. Hal ini sinkron dengan pengukuran densitas sebelumnya yang menunjukkan bahwa kerapatan variasi KOH rendah. Struktur fiber dan jumlah pori yang banyak kemungkinan besar dapat meningkatkan nilai kapasitansi dari elektroda karbon dan juga meningkatkan luas permukaan spesifik.



Gambar 4.17 Hasil Pengujian NaOH untuk perbesaran a. 5000x dan b. 40000 x

Pada gambar 4.17 untuk variasi NaOH terlihat bahwa terdapat bongkahan partikel yang cukup besar dengan fiber yang kurang padat dengan ukuran rentang 1-3,3 nm dalam keadaan yang kurang tersusun dan terputus-putus. Selain itu ditemukan patahan antara partikel dengan jelas. Dengan partikel yang padat dan cukup besar membuat nilai densitas cenderung lebih tinggi dan luas permukaan cenderung rendah.



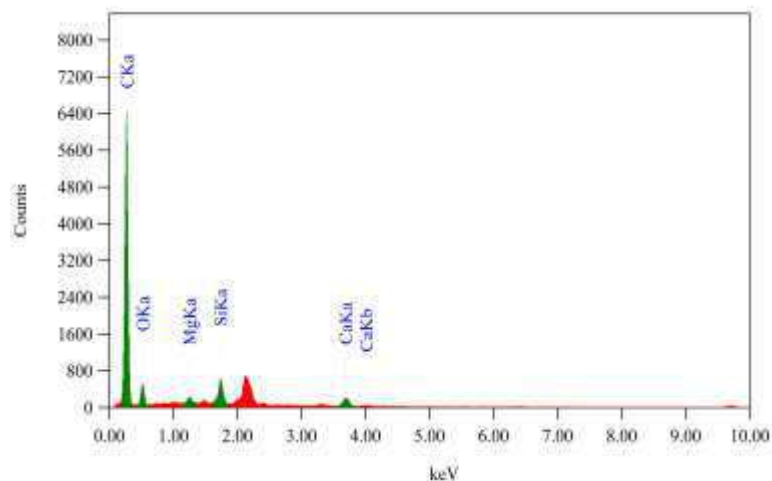
Gambar 4.18 Hasil pengujian  $\text{ZnCl}_2$  untuk perbesaran a. 5000x dan b. 40000 x

Pada Gambar 4.18 untuk variasi  $\text{ZnCl}_2$  terlihat bahwa ukuran partikel menyatu dengan membentuk pori dan partikel-partikel kecil yang hamper membentuk fiber. Meskipun struktur

terlihat sangat menyatu padat tetapi masih ditemukan pori yang cukup besar dan partikel lain yang kecil dengan rentang ukuran 100-300 nm dan juga masih ditemukan pori yang cukup banyak dan berukuran <150 nm. Fiber tidak terlihat jelas pada partikel ini, kemungkinan dikarenakan sifat aktivator  $ZnCl_2$  yang bersifat garam yang mempengaruhi struktur karbon dan tidak membentuk fiber.

#### 4.2.5 Hasil EDX (*Energy Dispersive X-ray analysis*)

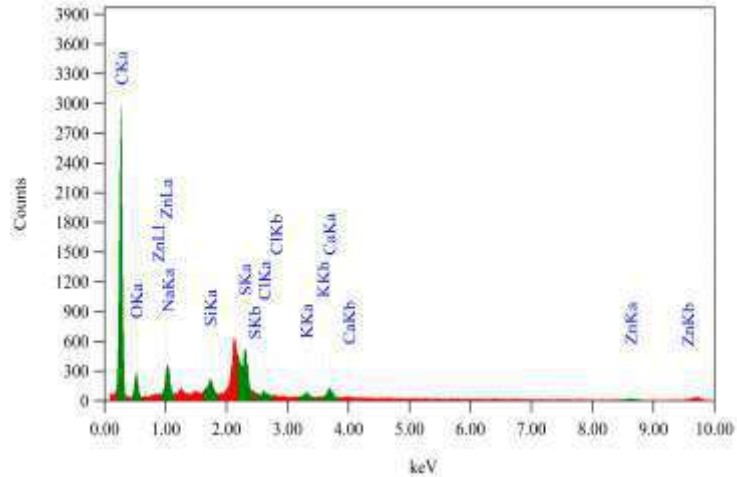
Analisis EDX digunakan untuk menganalisa presentase elemen-elemen yang terkandung pada permukaan karbon, sehingga bisa didapatkan pemetaan elemen dengan warna dan puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung dalam sampel yang diteliti. Analisis EDX ini dilakukan di Laboratorium SEM ITB. Dari hasil EDX ini, tentunya akan diketahui kemungkinan pengaruh kandungan dari unsur terhadap nilai kapasitansi yang dihasilkan dan juga dapat dilihat nilai dari zat-zat pengotor yang kemungkinan dapat menghambat pori-pori dan mengurangi kemampuan dari penyimpanan energi. Gambar 4.19 menampilkan hasil dari karakterisasi EDX dengan variasi KOH.



Gambar 4.19 Hasil karakterisasi EDX Variasi KOH

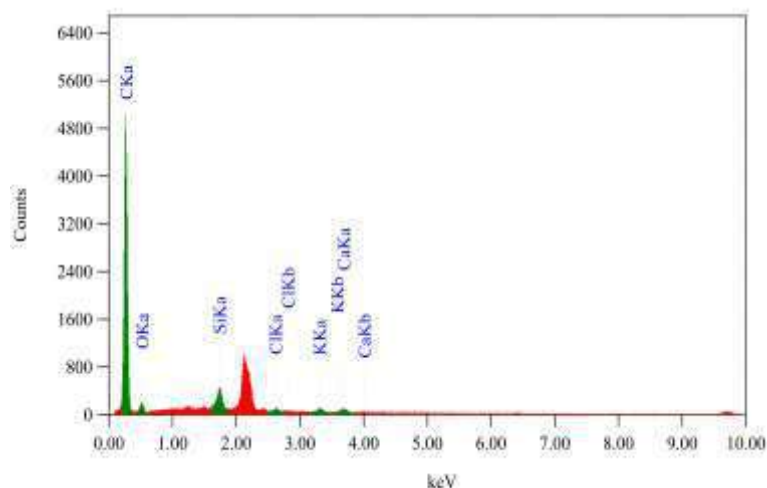
Pada Gambar 4.19 diketahui bahwa kandungan unsur pada sampel karbon variasi KOH terdiri dari unsur Karbon (C), Oksigen (O), Magnesium (Mg), Silika (Si) dan Kalsium. Pembentuk utama adalah unsur C dengan presentase yang sangat besar 85,75%. Presentase ini cukup baik karena karbon tidak mengalami susut massa yang besar pada saat pembakaran. Unsur O membentuk presentase 11,28%. Kandungan ini biasanya terdapat pada rongga pori yang terbentuk. Sedangkan unsur lain adalah Mg dengan 0,35%, Si sebesar 1,43% dan Ca sebesar 1,18%.





Gambar 4.20 Hasil karakterisasi EDX Variasi NaOH

Pada gambar 4.20 terlihat kandungan unsur yang cukup bervariasi. Hal ini karena unsur-unsur selain karbon tidak menguap pada saat pembakaran. Beberapa unsur ini kemungkinan adalah unsur pengotor yang dapat menghambat pori. Berdasarkan gambar diketahui bahwa unsur karbon (C) memiliki 78,72%. Kandungan unsur Oksigen yang kemungkinan besar adalah rongga yang terbentuk sebesar 11,92%, kandungan Natrium yaitu 1,76 % yang kemungkinan merupakan sisa dari aktivator kimia yang tidak terurai. Sedangkan untuk kandungan unsur lain yaitu Silikon (Si) sebesar 1,76%, Sulfur (S) sebesar 2,59%, Clorida (Cl) sebesar 0,43%, Kalium (K) sebesar 0,70% , Kalsium (Ca) sebesar 1,57%, dan Zn sebesar 1,59%.



Gambar 4.21 Hasil karakterisasi EDX Variasi ZnCl<sub>2</sub>  
(Sumber: Laboratorium SEM-EDX ITB, 2019)

Pada Gambar 4.21 menampilkan bahwa kandungan Karbon (C) sebesar 92,33% dan merupakan kandungan karbon terbesar dari semua variasi. Sedangkan kandungan Oksigen (O) merupakan yang terkecil yaitu 4,99 %. Hal ini kemungkinan disebabkan karena aktivator kimia

tidak mengandung unsur O. Selain itu juga terkandung unsur lain yaitu Silika (Si) sebesar 1,28%, Klorida sebesar 0,32%, Kalium (K) sebesar 0,49% dan Kalsium sebesar 0,58%, Pada variasi ZnCl<sub>2</sub> ini terlihat bahwa kandungan unsur lain selain karbon merupakan yang terkecil dari semua variasi.

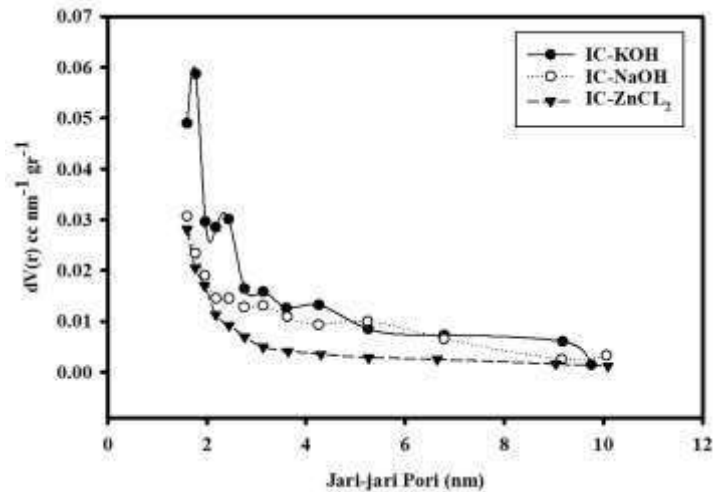
Tabel 4.5 Rekapitulasi Kandungan Unsur Semua Variasi

Elemen Unsur	Unsur Kimia	KOH		NaOH		ZnCl <sub>2</sub>	
		Massa (%)	Atom (%)	Massa (%)	Atom (%)	Massa (%)	Atom (%)
Karbon	C	85,75	89,92	78,72	86,51	92,33	95,13
Oksigen	O	11,28	8,88	11,92	9,84	4,99	3,86
Silika	Si	1,43	0,64	0,73	0,34	1,28	0,56
Klorin	Cl	-	-	0,43	0,16	0,32	0,11
Kalium	K	-	-	0,70	0,24	0,49	0,16
Kalsium	Ca	1,18	0,37	1,57	0,52	0,58	0,18
Seng	Zn	-	-	1,59	0,32	-	-
Magnesium	Mg	0,35	0,18	-	-	-	-
Sulfur	S	-	-	2,59	1,07	-	-
Natrium	Na	-	-	1,76	1,01	-	-
100							

Pada Tabel 4.5 menampilkan persentase kandungan massa dan atom unsur yang terdapat pada masing-masing variasi sampel karbon aktif berbahan ilalang. Diketahui bahwa kandungan unsur berbeda tiap-tiap sampel. Hal ini dikarenakan perbedaan aktivator kimia yang digunakan yang menyebabkan perbedaan ikatan unsur yang terbentuk. Terlihat bahwa KOH memiliki jumlah unsur paling sedikit yaitu 5 unsur. Dari kandungan karbon juga terlihat bahwa NaOH memiliki persentase yang paling rendah dan memiliki unsur terbanyak yaitu 9 unsur yang kemungkinan diantaranya adalah unsur pengotor yang dapat menghambat pori

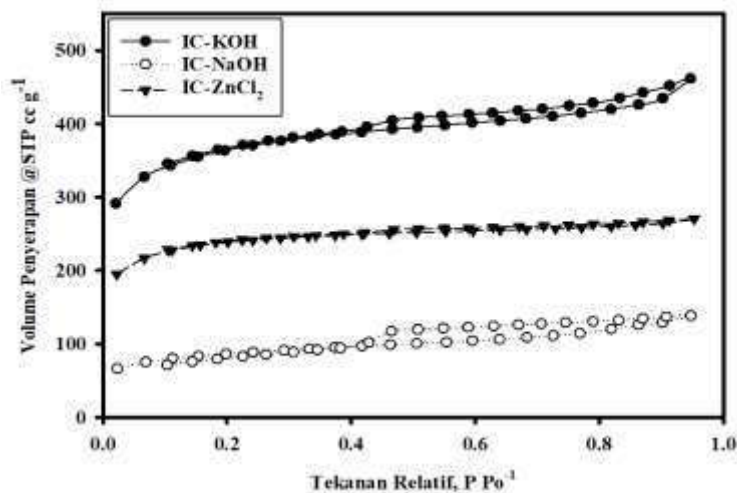
#### 4.2.6 Hasil Uji Serapan Gas N<sub>2</sub>

Metode BET dalam pengujian ini menggunakan serapan gas nitrogen untuk mendapatkan luas permukaan karbon dan juga digunakan untuk menjelaskan sifat adsorpsi fisika molekul gas pada permukaan karbon dengan ukuran partikel. Luas permukaan karbon termasuk bagian penting karena berhubungan terhadap kemampuan adsorpsi karbon terhadap zat-zat yang diserap. Luas permukaan berbanding lurus dengan nilai kapasitas spesifik, karena kapasitas spesifik tidak bergantung pada muatan dan potensial tetapi secara umum bergantung pada luas permukaan dan besarnya pori yang dilalui ion dalam elektrolit [8].



Gambar 4.22 Grafik besar pori terhadap volume

Besarnya daya serap karbon sangat dipengaruhi oleh keadaan pori-pori yang terbentuk. Berdasarkan gambar grafik menunjukkan bahwa daya serap karbon aktif memiliki pori-pori jenis mesopori yang berada dalam rentang 1-25 nm. Pori-pori ini berukuran sedang dengan luas permukaan antara 1-100 m<sup>2</sup>/g. Mesopori termasuk dalam ukuran nanopartikel yang baik dalam karbon aktif



Gambar 4.23 Grafik Tekanan Relatif Terhadap Volume Penyerapan

Berdasarkan karakterisasi BET menunjukkan bahwa variasi KOH memiliki luas permukaan spesifik yang terbesar yaitu 1183,54 m<sup>2</sup>/g dengan volume maksimum penyerapan gas adalah 376,551 cc/g pada tekanan relatif (P/P<sub>0</sub>) 0,287. Kemudian variasi ZnCl<sub>2</sub> memiliki luas permukaan spesifik sebesar 768,301 m<sup>2</sup>/g dengan volume maksimum penyerapan gas adalah 244,053 cc/g pada tekanan relatif (P/P<sub>0</sub>) 0,286. Variasi NaOH memiliki luas permukaan spesifik sebesar 284,23 m<sup>2</sup>/g dengan volume maksimum penyerapan gas adalah 91,2438 cc/g

pada tekanan relatif (P/Po) 0,292. Berdasarkan nilai kapasitansi, trend menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kapasitansi maka luas permukaan spesifik akan semakin tinggi dan juga volume penyerapan gas nitrogen juga akan semakin tinggi.

Tabel 4.6 Luas permukaan spesifik ( $m^2/g$ ), Luas permukaan BJH ( $m^2/g$ ) dan Volume BJH ( $cm^3/g$ )

Kode Sampel	$S_{BET}$ ( $m^2/g$ )	$S_{BJH}$ ( $m^2/g$ )	$V_{BJH}$ ( $cm^3/g$ )
IC-NaOH	284,823	44,258	0,041
IC-ZnCl <sub>2</sub>	768,301	26,718	0,038
IC-KOH	1183,540	69,496	0,035

#### 4.2.7 Data Hasil dari Uji *Cyclic Voltammery*

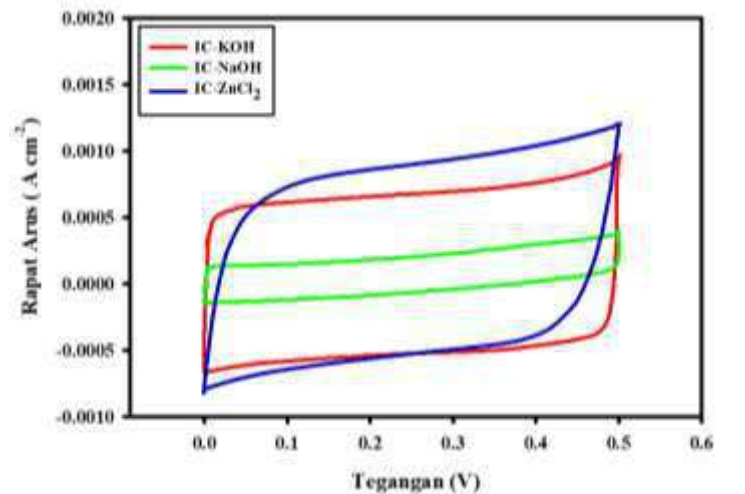
Metode *Cyclic Voltammery* (CV) digunakan untuk mengukur nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Kapasitansi spesifik ini merupakan nilai kemampuan penyimpanan energy dalam satuan farad pada elektroda karbon ilalang pada setiap gramnya. Laju pemindaian yang digunakan yaitu dari 100 – 1 mV/s dengan tegangan sebesar 500 mV menggunakan alat Physics CV UR Rad-Er 5841. Dalam perhitungan kapasitansi menggunakan scan 1mV. Sumbu X menunjukkan nilai dari tegangan dalam mikro Volt dan sumbu Y menunjukkan nilai arus dalam mikro Ampere. Dalam hasil *scanning* dihasilkan dua kurva yaitu merah dan hijau. Kurva merah menunjukkan proses pengisian daya (*charging*) dan kurva hijau menunjukkan proses pengosongan daya (*discharging*). Semakin besar kurva yang dibentuk maka semakin besar nilai kapasitansi yang dihasilkan. Adapun hasil dari pengukuran kapasitansi spesifik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Kapasitansi Spesifik

Variasi	$I_c$ (A)	$I_d$ (A)	m (g)	Kapasitansi Spesifik (F/g)
KOH	674	-520	0,00845	141 F/g
NaOH	296	-61	0,01100	32 F/g
ZnCl <sub>2</sub>	898	-532	0,01150	124 F/g

Berdasarkan hasil pengukuran CV variasi KOH memiliki kapasitansi spesifik tertinggi yaitu 141 F/g. Selain itu aspek-aspek yang mempengaruhi kapasitansi bisa dianalisis dalam berbagai pengukuran, pengujian dan karakterisasi sebelumnya Hal ini sesuai dengan pengukuran densitas bahwa KOH mengalami penurunan densitas terbesar. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan densitas tersebut berhasil membentuk struktur pori yang lebih besar untuk menangkap ion-ion energi. Struktu morfologi dari KOH juga memperlihatkan fiber yang cukup rapat dengan partikel serta pori sangat banyak dengan luas permukaan yang besar.

Pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa NaOH memiliki nilai kapasitansi terendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh banyaknya zat pengotor yang ada dalam karbon, sehingga zat tersebut berpengaruh terhadap partikel dan pori yang terbentuk. Selain itu kemungkinan utama adalah bahwa aktivator NaOH mungkin kurang cocok untuk membentuk pori baru pada kandungan kimia ilalang. Untuk variasi  $ZnCl_2$ , memiliki kapasitansi di tengah-tengah yaitu 124 F/g, tetapi sebenarnya mendekati KOH dan dengan kondisi pengujian CV yang stabil.



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran CV

### 4.3 Focus Group Discussion (FGD)

Kegiatan Focus Group Discussion (FGD) telah dilakukan dan dilaksanakan pada Hari Sabtu, 12 Oktober 2019 di ruang Pertemuan Gedung Dekan FMIPA Kampus Binawidya Universitas Riau Pekanbaru dengan Tema “Studi pemanfaatan sampah Daun di Lingkungan Kampus UIN Suska Riau Untuk Elektroda Piranti Penyimpan Energi Superkapasitor”. Kegiatan ini dibagi menjadi dua sesi kegiatan (sesi Pagi dan sesi Petang) yaitu pengayaan keilmuan tentang potensi limbah biomassa dilingkungan kampus dan perkotaan untuk teknologi penyimpanan energi dengan narasumber Prof. Dr. Erman Taer, M.Si. Selanjutnya kegiatan dilanjutkan dengan memberikan workshop pengolahan data-data penelitian terkait dengan menggunakan software *Microcal Origin*, *Origin Pro8*, *Sigma plot*, *IC measure* dan *ChemDraw* diberikan oleh 2 orang operator dari laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Riau yaitu: sdr. Agustino, S.Si. (cand MSi) dan Sdr. Apriwandi S.Si.. Kegiatan ini juga dihadiri oleh Tim Peneliti dari Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dengan ketua Peneliti Dr. Rika, M.Sc. dan Mahasiswa/i UIN Suska Riau dan Universitas Riau. Kegiatan FGD ini membahas semua permasalahan yang berhubungan dengan piranti penyimpanan energi Superkapasitor. Dalam kegiatan FGD ini, mahasiswa yang terlibat dalam

pelaksanaan penelitian mendapatkan kemudahan dalam mempelajari dan mempraktekkan cara-cara mengolah data yang benar dan dapat mempresentasikan hasil penelitian yang sesuai dengan syarat dan ketentuan yang berlaku di beberapa publikasi bertaraf internasional sehingga dapat mempersembahkan tampilan data yang maksimal.

#### 4.4 Luaran yang telah Dicapai

Dari data-data yang telah diperoleh juga telah dilakukan analisa, beberapa data telah dibuat dalam bentuk 1 artikel dan 2 artikel dari penelitian sebelumnya serta telah diterima dan disajikan pada kegiatan seminar internasional terindeks scopus yaitu “The 2<sup>nd</sup> International Conference & Exhibition Ton powder Technology Indonesia (ICePTi) 2019” yang diselenggarakan atas kerjasama beberapa Universitas yaitu UNPAD dan UNS dengan kolaborasi *Print G* dan *JP Global TransTech* Jepang di Hotel Bestwestern Kota Solo Baru, Jawa Tengah pada Tanggal 20-21 agustus 2019. Judul artikel yang diikutkan pada kegiatan ini ditampilkan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Keikutsertaan Kegiatan Seminar Internasional

Kegiatan	Tempat/ Waktu Pelaksanaan	Judul	Status
The 2 <sup>nd</sup> International Conference & Exhibition Ton powder Technology Indonesia (ICePTi) 2019	Hotel Bestwestern 20-21 Agustus 2019	Activated Carbon Material based on Angsana Leaves ( <i>Pterocarpus indicus</i> ) Prepared by ZnCl <sub>2</sub> Activation Method as Electrode for High Performance Supercapacitor	Sudah dilaksanakan
The 2 <sup>nd</sup> International Conference & Exhibition Ton powder Technology Indonesia (ICePTi) 2019	Hotel Bestwestern 20-21 Agustus 2019	Electrode of Supercapacitor Synthesized from Leaf Bunch of Oil Palm for Enhancing Capacitive Properties	Sudah dilaksanakan
The 2 <sup>nd</sup> International Conference & Exhibition Ton powder Technology Indonesia (ICePTi) 2019	Hotel Bestwestern 20-21 Agustus 2019	Porous structure and high capacitance of activated carbon prepared from biomass waste (Rija-	Sudah dilaksanakan

		rija Grass Plants) for Supercapacitor Electrodes	
--	--	--	--

**Sertifikat\***



## **BAB V. KESIMPULAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan semua analisis yang telah dilakukan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa:

1. Daun angkana dan rumput ilalang sebagai bahan asal menunjukkan potensi yang menjanjikan untuk produksi sebagai elektroda pada perangkat superkapasitor tanpa bahan perekat.
2. Perbedaan bahan activator yang digunakan mempengaruhi sifat fisis dan elektrokimia elektroda karbon.
3. Kapasitansi spesifik optimum sel superkapasitor setinggi  $202 \text{ F g}^{-1}$  untuk elektroda karbon dari daun angkana.
4. Kapasitansi spesifik optimum sel superkapasitor setinggi  $141 \text{ F g}^{-1}$  untuk elektroda karbon dari rumput ilalang.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Conway, B. E. 1999. *Electrochemical Supercapacitors-Scientific fundamentals and Technological Applications*, Kluewer, New York
- [2] Frankowiak, E., and Beguin, F. 2001. Carbon materials for the electrochemical storage of energy in capacitors, *carbon* 39. 937-950.
- [3] Pandolfo, A.G. and Hollenkamp, A.F. 2006. Carbon properties and their role in supercapacitors. *Journal of Power Sources* 157: 11-27
- [4] Simon, P. and Gogotsi, Y. 2010. Charge storage mechanism in nanoporous carbons and its consequence for electrical double layer capacitors. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 368: 3457-3467.
- [5] Inagaki, M., Konno, H. and Tanaike. O. 2010. Carbon materials for electrochemical capacitors. *Journal of Power Sources* 195:7880-7903.
- [6] Kalyani, P. and Anitha, A. 2013. Biomass carbon & its prospects in electrochemical energy systems. *International Journal of Hydrogen Energy* 38: 4034-4045.
- [7] Taer, E., Deraman, M., Talib, I.A., Awitdrus, A., Hashmi, S.A. and Umar, A.A. 2011a. Preparation of a highly porous binderless activated carbon monolith from rubber wood sawdust by a multi-step activation process for application in supercapacitor. *International Journal of Electrochemical Science* 6:3301-3315
- [8] Burke, A. 2000. Ultracapacitor: why, how, and where is the technology. *Journal of Power Sources* 91:37-50.
- [9] Frackowiak, E. 2007. Carbon materials for supercapacitor application. *Chemistry and Physic* 9 (15):1774-1785
- [10] Burke, A. 2007. R & D considerations for the performance and application of electrochemical capacitor. *Electrochimica Acta* 53:1083-1091
- [11] Peng, C., Yan, X.-B., Wang, R.-T., Lang, J.-W., Ou, Y.-J., and Xue, Q.-J. 2013. Promising activated carbons derived from waste tea-leaves and their application in high performance supercapacitors electrodes; *Electrochimica Acta* 87, 401
- [12] Biswal, M., Banerjee, A., Deo, M., and Ogale, S. 2013. From dead leaves to high energy density supercapacitors. *Energy and Environmental Science* 6, 1249
- [13] Liu, Y., Wang, Y., Zhang, G., Liu, W., Wang, D. and Dong, Y. 2016. Preparation of activated carbon from willow leaves and evaluation in electric double-layer capacitors. *Materials Letters* 176, 60
- [14] Ma, H., Liu, Z., Wang, X., Zhang, C., and Jiang, R. 2017. Supercapacitive performance of porous carbon materials derived from tree leaves; *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 9, 044105.
- [15] Hao, E., Liu, W., Liu, S., Zhang, Y., Wang, H., Chen, S., Cheng, F., Zhao, S. and Yang, H. 2017. Rich sulfur doped porous carbon materials derived from ginkgo leaves for multiple electrochemical energy storage devices; *J. Mater. Chem. A*, 5, 2204.
- [16] Zhu, X., Yu, S., Xu, K., Zhang, Y., Zhang, L., Lou, G., Wu, Y., Zhu, E., Chen, H., Shen, Z., Bao, B., and Fu, S. 2018. Sustainable activated carbons from dead ginkgo leaves for supercapacitor electrode active materials; *Chemical Engineering Science* 181, 36.
- [17] Sodtipinta, J., Amornsakchai, T. and Pakawatpanurut, P. 2017. Nanoporous carbon derived from agro-waste pineapple leaves for supercapacitor electrode; *Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol.* 8, 035017
- [18] Taer, E., Taslim, R., Putri, A.W., Apriwandi, A. and Agustino, A. 2018. Activated carbon electrode made from coconut husk waste for supercapacitor application; *Int. J. Electrochem. Sci.*, 13, 12072

- [19] Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, A., Talib, I.A., Taer, E., Manjunatha, J.G., Ishak, M.M., Dollah, B.N.M., Hashmi, S.A., and Basri, N.H. 2013. Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors. *Bioresource Technology*, 132: 254–261
- [20] E. Taer, A. Ira, Sugianto, dan R. Taslim; Pengaruh jenis aktivator kimia terhadap densitas dan kapasitansi spesifik elektroda karbon aktif dari serbuk gergaji kayu karet. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, V, 79-84
- [21] K. Kumar, R. K. Saxena, R. D. Kothari, K. Suri, N. K. Kaushik, J. N. Bohra; Correlation between adsorption and x-ray diffraction studies on viscose rayon based activated carbon cloth; *Carbon*, 35, 1842

## LAMPIRAN

### 1. Full paper The 2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

#### Activated Carbon Material based on Angsana Leaves (*Pterocarpus indicus*) Prepared by ZnCl<sub>2</sub> Activation Method as Electrode for High Performance Supercapacitor

Rika Taslim<sup>1,a)</sup>, Suwandana<sup>1)</sup>, Suedi<sup>1)</sup>, Marhama Jelita<sup>2)</sup>, Susi Afriani<sup>2)</sup>, Agustino<sup>3)</sup>, Apriwandi<sup>3)</sup>, Erman Taer<sup>3,b)</sup>

<sup>1</sup>Departement of Industrial Engineering, State Islamic University of Sultan Syarif Kasim, 28293 Simpang Baru, Riau, Indonesia.

<sup>2</sup>Departement of Electrical Engineering, State Islamic University of Sultan Syarif Kasim, 28293 Simpang Baru, Riau, Indonesia.

<sup>3</sup>Department of Physics, University of Riau, 28293 Simpang Baru, Riau, Indonesia

a)Corresponding author: rikataslim@gmail.com

b) erman\_taer@yahoo.com

**Abstract.** Biomass based activated carbon has been synthesized from angsana leaves (*Pterocarpus indicus*) for high capacitive properties of supercapacitor electrodes. To establish the high specific capacitance, the synthesis process of activated carbon from biomass based chemical activation is established in this study. This study focuses on the chemical activation process using ZnCl<sub>2</sub>. Single step carbonization and physical activation processes are chosen as pyrolysis process. ZnCl<sub>2</sub> activator agent exhibit excellent capacitive as high as 202 F g<sup>-1</sup>. This excellent capacitive supported by porosity and chemical content analysis which present high specific surface area as high as 477.513 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> and high carbon content of 95.75%. The microcrystalline dimention and surface morphology also characterized for support data.

**Keywords:** Angsana leaves; activated carbon; supercapacitor.

#### 1. Introduction

The Angsana (*Pterocarpus indicus*) is one of the many plants that are used as a reducing of pollution in a city. The angsana leaves can absorb and accumulate heavy metals due to air pollution so that the angsana plant is a popular choice for lungs of cities. Angsana plants can be found in Southeast Asia as the lungs of cities such as: southern Myanmar, Cambodia, southern China, Vietnam, Philippines, Brunei, Malaysia and Indonesia [1]. Aside from being a protective plant and city lungs, angsana plants are one of the biomass sources that have not been utilized optimally [2]. The angsana leaves wastes only develop organic waste which is burned and causes pollution to the environment. Along with the development of the science of angsana plants has been used as animal feed [3] and as a dye of silk batik [4]. Further utilization, angsana leaves can be used as an raw material for the activated carbon as supercapacitor electrodes because it is composed of cellulose, hemicellulose and lignin reaching of 60 %. Several studies have shown excellent performance of supercapacitor electrode made from biomass as raw material such as Willow leave [5], cycas leaves [6], and durian shell [7] which have produced specific capacitances of 216 F g<sup>-1</sup>, 170 F g<sup>-1</sup> and 130 F g<sup>-1</sup>, respectively. Based on these reason, we utilize angsana leaves waste as activated carbon to be applied as supercapacitor electrodes. The optimum specific capacitance in this study was found as high as 202 F g<sup>-1</sup>.

## 2. Material and Method

Angsana leaves are collected from the Pekanbaru city, Riau. Cutting, washing and drying angsana leaves are done as a first step. Pre-carbonization is carried out by using an oven from room temperature to 200 °C with periodic temperature rises. pre-carbonized samples were pulverized by using mortar and ballmilling for 10 hours to produce powder. Sifting process is carried out to produce powders with sizes <53 µm. 1 M ZnCl<sub>2</sub> is used as a chemical activator agent. Chemical activation is carried out by dissolving the sample with the activator agent by using a hot plate at a temperature of 80 °C. The chemical activated sample converted into a monolith form by using a hydraulic press at a pressure of 8 tons. The process of carbonization and physical activation is carried out in one stage [7, 8], starting with the flow of nitrogen gas from room temperature to 600 °C and then followed by the flow of carbon dioxide gas until temperature of 850 °C. The last step monolith samples are neutralized and it be further arranged into supercapacitor cells [9].

Characterization of carbon electrodes conducted in this study is the electrochemical properties by using the Cyclic Voltammetry method. The data generated in the CV method is used to evaluate the specific capacitance, energy density and power density through the standard equation [10, 11, 12]. To support the electrochemical properties, physical characterization was also carried out including thermal resistivity using TG/DTG profile, density was calculated based on the mass and volume of carbon electrodes, the degree of crystallinity evaluated using the x-ray diffraction method, surface morphology and chemical composition were reviewed by using the Scanning electron microscopy method and energy dispersive X-ray, and the specific surface area was evaluated by using the N<sub>2</sub> gas absorption method.

## 3. Discussions

### 3.1. The electrochemical properties analysis

The cyclic voltammetry (CV) is a popular method for evaluating the electrochemical properties of a biomass carbon electrode. The CV curve shows the relationship between voltage and current density. The current density is exhibited as a charge current ( $I_c$ ) and a discharge current ( $I_d$ ) at a voltage of 0-0.5 V. CV measurements are carried out in a two-electrode system with 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> aqueous as an electrolyte at a relatively low scanning rate (1 mV s<sup>-1</sup>). The choice of low scanning rate is because the ions will diffuse optimally to the pores on the surface area of the carbon electrode so that the resulting higher capacitance. Figure 1 shows the rectangular type curve. This type is normal for supercapacitor electrodes which indicates the specific capacitance [13]. The rectangular area of the  $I_c$  and  $I_d$  currents found in the sample with a specific capacitance of 202 F g<sup>-1</sup>. The specific capacitance of a cyclic voltammetry analysis can be determined using standard equations. The energy density and the resulting power density are 7.01 Wh kg<sup>-1</sup> and 50.6 W kg<sup>-1</sup>, respectively. The capacitive properties obtained in this study are similar to several other studies that use ZnCl<sub>2</sub> as a chemical activator agent as shown in Table 1.

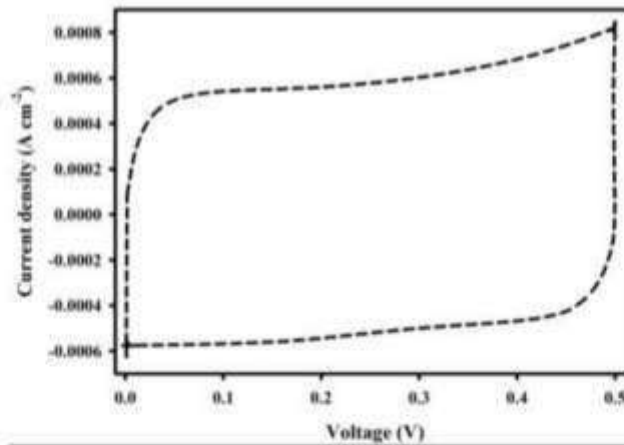


Figure 1. The CV curve for angsana leaves carbon electrode

Table 1. The capacitive properties of supercapacitor cell for different biomass resources

Biomass resources	Specific capacitance	Energy	Power	References
Peanut shell	184	4.94	740	[14] He.
Cotton	240	12.5	-	[15]san
Nori	220	6.1	50	[12]wang
Durian shell	88	-	-	[16]E TAER
Willow leaves	216	-	-	[5]
Angsana leaves	202	7.01	50.6	This study

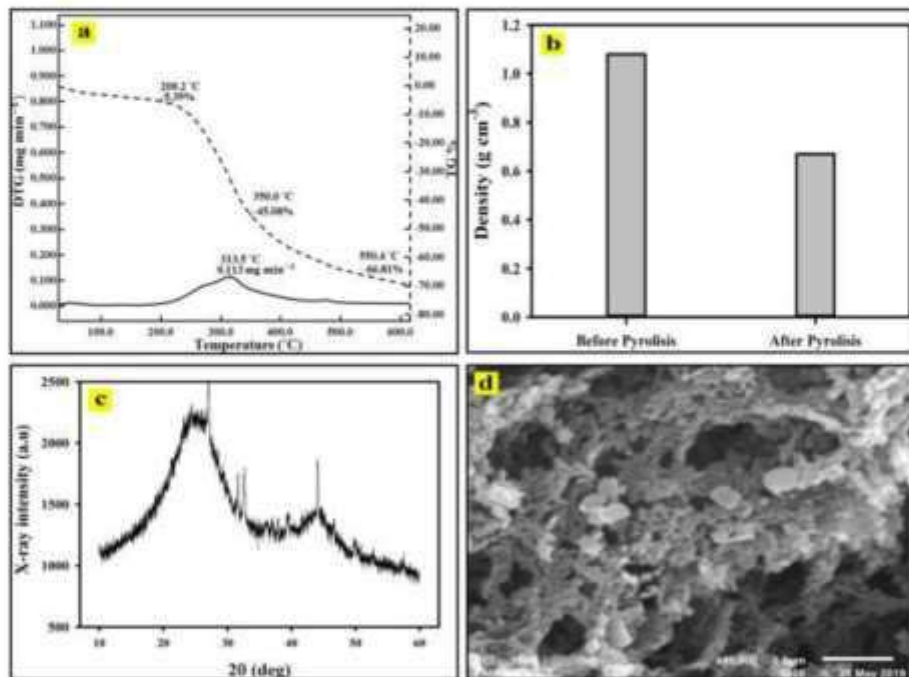
### 3.2. The physical properties analysis

The thermal stability properties of angsana leaves biomass was evaluated by the thermogravimetry analysis (TGA) method which was used as a temperature resistant in the carbonization and activation process. The TGA is a curve that shows a reduction in mass against temperature. Figure 2 (a) shows the Thermal Gravimetry (TG) curve and the Differential Thermal Termographymetry (DTG) curve. The TG curve shows a decrease in mass to temperature and the DTG curve shows the rate of change in mass against temperature rise. This analysis was carried out by flowing nitrogen at temperature intervals from 25 °C to 600 °C and the temperature rate increase of 10 °C min<sup>-1</sup> and the mass of the sample tested was 2.230 mg.

The TG curve shows 3 stages of mass degradation to temperature. The first stage occurs at a temperature of 200.2 °C with a mass decrease of 5.39%, identifying the occurrence of evaporation of water. The second stage occurs at a temperature of 350 °C with a very significant mass reduction of 45.08%. Several previous studies stated that the second stage is the decomposition of complex compounds which including hemicellulose, cellulose and lignin [8,9]. The third stage was shrinking by 66.81% at a temperature of 550.4 °C, which was caused by the ongoing extraction of sample compounds. The DTG curve shows a mass shrinkage peak at a temperature of 313.5 °C with a decomposition speed of 0.113 mg min<sup>-1</sup>.

At this point there is a shrinkage of the compound at the most in time. This analysis is related to the analysis of the TG curve which also experienced a significant decrease in mass so that at a temperature of 313.5 °C it was chosen as a temperature resistant in the carbonization and activation process.

The density analysis is evaluated based on measurement data of the diameter, thickness and mass of the electrodes before and after the carbonization and physical activation processes. Figure 2 (b) shows the change in density of angšana leaves carbon electrodes based on the ZnCl<sub>2</sub> activator agent. The sample density experienced a significant decrease after the carbonization and physical activation processes. This phenomenon is caused by the reduction or loss of the contents of the elements present in carbon samples due to high temperature pyrolysis, resulting in shrinkage of the mass and reducing the carbon electrode density. Heating causes impurities to evaporate and form new pores on carbon electrodes, which can be assumed that the greater the decrease in density, the more pores will be formed.

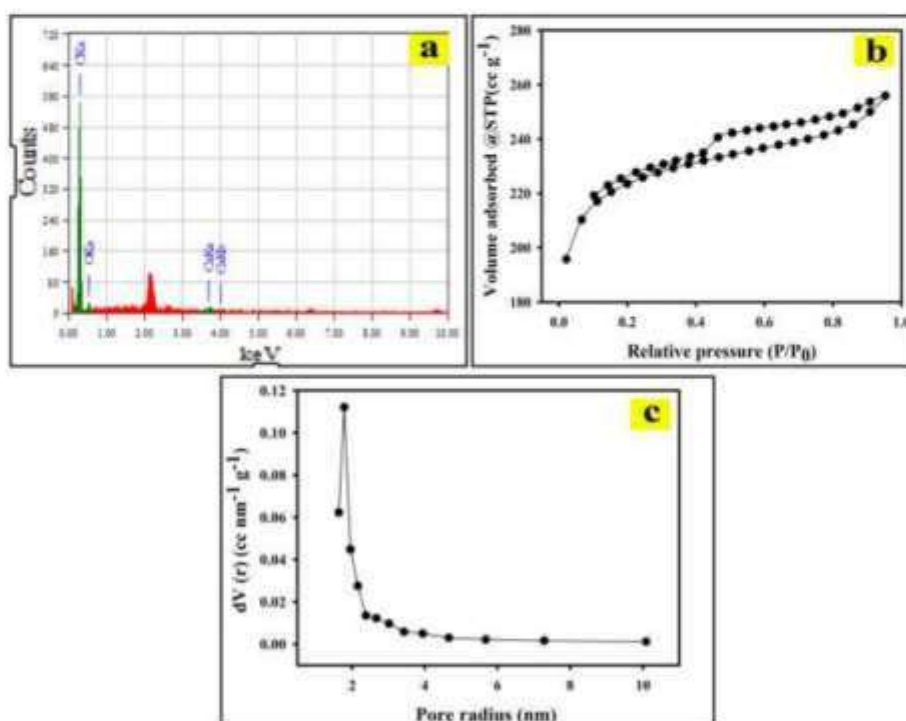


**Figure 2.** a) TG/DTG curve; b) density of before and after pyrolysis process; c) X-ray diffraction pattern for angšana leaves carbon electrode; and d) SEM with micrograph of 40000x.

X-ray diffraction is one of the most common methods used to evaluate the microstructure of a material including carbon electrodes from biomass. The XRD pattern for the angšana leaves carbon electrode is shown in Figure 2 (c), the xrd curve shows the peaks at a certain diffraction angle. Figure 2 (c) shown two broadening peaks and several sharp peaks. In general, there are two wide peaks at diffraction angles 22° and 44°. Both of these peaks appear

to be wide and blunt at diffraction angles of 22° and 44° indicating that the electrodes of angšana leaves are carbon with amorphous structure [17, 18]. The presence of this sharp peak indicates the presence of other elements besides carbon such as potassium with crystal structure. This analysis is further supported by chemical composition analysis using the EDX method. Calculation of carbon electrode lattice parameters such as layer height ( $L_c$ ), layer width ( $L_a$ ), and interlayer spacing ( $d$ ) are obtained through Microcal Origin software approach and calculated using standard Equations, complete parameters  $2\theta_{002}$ ,  $2\theta_{100}$ ,  $d_{002}$ ,  $d_{100}$ ,  $L_c$  and  $L_a$  for angšana leaves electrodes were 23,996°, 44,272°, 3,7055 Å, 2,0443 Å, 15,5870 Å, and 7,0639 Å, respectively.

The surface morphology of angšana activated carbon leaves was reviewed using the Scanning Electron Microscopy method as shown in Figure 2 (d) at magnifications of 40000 times. Surface morphology presented the irregular shape of particles with dominated pores that are numerous and clear on particle. Many cavities formed in these particle fissures identify that more pores are formed in the  $ZnCl_2$  variation. Pore sizes range from 0.153  $\mu m$  to 0.303  $\mu m$ . This more pore shape is influenced by the chemical activator agen of the sample.  $ZnCl_2$  activator causes further release of oxygen and hydrogen in the sample material [15] so that more pores are formed so that it can affect the specific capacitance to be higher.



**Figure 3.** a) EDX curve; b) Nitrogen adsorption-desorption isotherms; and c) Pore size distribution curves.

The content of the carbon electrode element from the angkana leaves is characterized using the energy dispersive X-ray (EDX) energy method. Figure 3(a) shown the elements on the angkana leaves carbon electrode in peaks. In general electrodes contain elements such as Carbon (C), Oxygen (O) and Pottasium (K). Carbon elements have the highest percentage of 95.75%. The oxygen element is the element that is at the second peak of 4.07%, the oxygen contained in the carbon sample is caused by the carbon bond with oxygen during the CO<sub>2</sub> activation process. The presence of other elements such as Potassium (K) is indicated by the general constituent elements of biomass that have not been biodegradable [19].

N<sub>2</sub> gas absorption method is carried out to determine the pore properties and the magnitude of carbon specific surface area. The surface area of the carbon electrode was evaluated using the Brenauer Emmet Teller (BET) method. This method aims to determine the physical adsorption of gas molecules on a solid surface and serves as a basis for analyzing the surface area of carbon samples. The N<sub>2</sub> gas absorption curve generally exhibits type IV based on the IUPAC classification. Type IV is often found on carbon electrodes made from biomass as raw material, as in cocoa pod husk [20] and waste tea leaves [21]. Type IV is characterized by rapid saturation at relatively low pressures and the presence of hysterical loops at relative pressures of 0.4 to 0.99. The curve shape like this indicates that the electrode is dominated by meso pores and micro micro pores [22]. The surface area of the sample was found to be 477.513 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. The pore size is reviewed using the BJH method. Pore size of activated carbon affects the ability of carbon sequestration. Figure 3 (c) shows the pore size of a mesoporous carbon sample in the range 1-2.5 nm. The size of mesoporous in activated carbon gives a good effect on the ability of carbon to carry out the process of N<sub>2</sub> gas absorption [23].

#### 4. Conclusion

The activated carbon electrodes made from angkana leaves (*Pterocarpus indicus*) for high capacitive properties of supercapacitor electrodes has been succesfully synthesized. The carbon monolith is prepared whitout addition adhesive materials. The pyrolysis process is carried out by using one step carbonization and physical activation process. The carbon electrode exhibit excellent capacitive properties such as specific capacitance, energy density and power density as high as 202 F g<sup>-1</sup>, 7.01 Wh kg<sup>-1</sup> and 50.6 W kg<sup>-1</sup>, respectively. This excellent capacitive supported by physical properties such as surface morfology, porosity and chemical content analysis. Surface morophology presented the irregular shape of particles with dominated pores that are numerous and clear on perticle with size range of 0.153 μm to 0.303 μm. The high carbon content of 95.75% and specific surface area as high as 477.513 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> with the pore size range of 1-2.5 nm. Based on this reason, angkana leavess have high potential as raw material to synthesis of activated carbon electrodes is applied to energy storage.



## Acknowledgement

The author would like to thank the LPPM of State Islamic University of Sultan Syarif Kasim, Riau with the title "study on use of leaf wastes in the campus environment of UIN SUSKA for electrodes as supercapacitor energy storage devices" with contract number: Un.04/L.1/TL.01/445/2019.

## References

1. L. A. J. Thomson, *Pterocarpus Indicus* (Narra), Species Profiles For Pacific Island Agroforestry, (2006)
2. G. P. Yudha, Z. Aneloi, Pertumbuhan daun angsana (*pterocarpus indicus* willd) dan akumulasi logam timbal (Pb). *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 2 (2013) 83–89.
3. M. Y. Andreas, I. S. Hamid, B. C. Tehupuring, Pengaruh waktu fermentasi daun angsana (*pterocarpus indicus* willd) dengan probiotik terhadap kandungan serat kasar dan protein kasar, *Agro Veteriner*, 04, (2016) 112–119.
4. D. W. Lestari, Y. Satria, pemanfaatan kulit kayu angsana (*Pterocarpus indicus*) sebagai sumber zat warna alam pada pewarnaan kain batik sutera, *Dinamika Kerajinan dan Batik*, 34 (2017) 35–42.
5. Y. Liu, Y. Wang, G. Zhang, W. Liu, D. Wang, Y. Dong, Preparation of activated carbon from willow leaves and evaluation in electric double-layer capacitors, *Materials Letters*, 176, (2016) 60–63.
6. C. Xu, F. Xu, L. Sun, L. Cao, F. Yu, H. Zhang, E. Yan, H. Peng, H. Chu, Y. Zou, A High-Performance Supercapacitor Based on Nitrogen-Doped Porous Carbon Derived from *Cycas* Leaves, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 14 (2019) 1782 – 1793.
7. E. Taer, A. Apriwandi, R. Taslim, U. Malik, Single step carbonization-activation of durian shells for producing activated carbon monolith electrodes, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 14 (2019) 1318-1330.
8. E. Taer, R. Taslim, A. W. Putri, A. Apriwandi, A. Agustino, Activated carbon electrode made from coconut husk waste for supercapacitor application, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 13 (2018) 12072-12084.
9. E. Taer, A. Apriwandi, Y. S. Ningsih, R. Taslim, Agustino, Preparation of activated carbon electrode from pineapple crown waste for supercapacitor application, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 14 (2019) 2462-2475.
10. H. Chen, Y-c. Guo, F. Wang, G. Wang, P-r. Qi, X-h. Guo, F. Yu, B. Dai, An activated carbon derived from tobacco waste for use as a supercapacitor electrode material, *New Carbon Materials*, 32 (2017) 592-599.
11. K. Yu, H. Zhu, H. Qi, C. Liang, High surface area carbon materials derived from corn stalk core as electrode for supercapacitor, *Diamond & Related Materials*, 88 (2018) 18–22.
12. C. Wang, T. Liu, Nori-based N, O, S, Cl co-doped carbon materials by chemical activation of  $ZnCl_2$  for supercapacitor, *Journal of Alloys and Compounds*, 696 (2017) 42-50.

13. Michio Inagaki, Hidetaka Konno, Osamu Tanaike, Carbon materials for electrochemical capacitors, *Journal of Power Sources*, 195 (2010) 7880–7903.
14. X. He, R. Li, J. Han, M. Yu, M. Wu, Facile preparation of mesoporous carbons for supercapacitors by one-step microwave-assisted ZnCl<sub>2</sub> activation, *Materials Letters*, 94 (2013) 158–160.
15. Q. Sun, T. Jiang, G. Zhao, J. Shi, Porous carbon material based on biomass prepared by Mgo template method and zncl2 activation method as electrode for high performance supercapacitor, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 14 (2019) 1-14.
16. E. Taer, P. Dewi, Sugianto, R. Syech, R. Taslim, Salomo, Y. Susanti, A. Purnama, Apriwandi, Agustino, R. N. Setiadi, The synthesis of carbon electrode supercapacitor from durian shell based on variations in the activation time, *AIP Conference Proceedings*, 1927 (2018) 030026-1–030026-6.
17. B. P. Richards, Relationships between interlayer spacing, stacking order and crystallinity in carbon materials, *J. Appl. Cryst.*, 1 (1968) 35–48.
18. C. Huiming, E. Hiroyuki, O. Toshihiro, S. Kouji, Z. Guobin, Graphitization behavior of wood ceramic and bamboo ceramics as determined by X-ray diffraction. *Journal of Porous Materials*, 6 (1999) 233–237.
19. R. Saidur, E. A. Abdelaziz, A. Demirbas M. S. Hossain S. Mekhilef, A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 15 (2011) 2262–89.
20. G. Cruz, M. Piriñá, M. Huuhtanen, L. Carrión, E. Alvarenga, R. L. Keiski, Production of activated carbon from cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk. *Journal of Civil Environment Engineering*, 2 (2012) 109–15.
21. C. Peng C, X-b. Yan, R-t. Wang, J-w. Lang, Y-j. Ou, Q-j. Xue, Promising activated carbons derived from waste tea-leaves and their application in high performance supercapacitors electrodes, *Electrochim Acta*, 87 (2013) 401–408.
22. W. S. K. Sing, H. D. Everett, W. A. R. Haul, L. Moscou, A. R. Pierotti, J. Rouquerol, T. Siemieniewska, Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity, *Pure and Applied Chemistry*, 57 (1985) 603-619.
23. W. R. Li, D. H. Chen, Z. Li, Y. F. Shi, Y. Wan, G. Wang, Z. Y. Jiang, D. Y. Zhao, Nitrogen containing carbon spheres with very large uniform mesopores: superior electrode materials for EDLC inorganic electrolyte, *Carbon*, 45 (2007) 1757.

## 2. Full paper The 2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

### Supercapacitor Electrode Made From Leaf Bunch Of Oil Palm

Rika Taslim<sup>1,\*</sup>, Maya Novita Sari<sup>1</sup>, Agustino<sup>2</sup>, Apriwandi<sup>2</sup>, Erman Taer<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Departement of Industrial Engineering, State Islamic University of Sultan Syarif Kasim,  
28293 Simpang Baru, Riau, Indonesia.

<sup>2</sup>Department of Physics, University of Riau, 28293 Simpang Baru, Riau, Indonesia

\* Corresponding author: [rikataslim@gmail.com](mailto:rikataslim@gmail.com); [erman\\_taer@yahoo.com](mailto:erman_taer@yahoo.com)

**Abstract.** Supercapacitor electrode made from leaf bunch of oil palm by carbonization and activation process. The carbon electrode production procees consist of several steps such as : pre-carbonization, milling, sieving, chemical activation, pelletization, and carbonization-physical activation. Chemical activation was performed by 0.4 M KOH, meanwhile carbonization and physical activation was used N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> gas. The physical properties of electrodes analyzed are density, degree of crystallinity, surface morphology, elemental content and surface area. While the electrochemical properties is focused on the analysis of specific capacitance of the supercapacitor cell using cyclic voltametry method. The physically properties of the activated carbon electrodes are correlated in generating the optimum conditions of the specific capacitance of supercapacitor cells. The optimum specific capacitance was obtained as high as 52 F g<sup>-1</sup> with a specific surface area of 639. 836 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>.

**Keywords:** leaf bunch; oil palm; supercapacitor.

## 1. Introduction

Indonesia is one of the countries with the largest oil palm plantations in the world. Based on statistical data, Indonesia's oil palm plantations reached of 10.9 million hectares with production of 29.3 million tons in 2014 [1]. The area of this plantation is expected to continue increase due to the opening of plantation land every year. The oil palm plantation and production certainly have several negative impacts such as the waste generated is quite large. Leaf bunches of oil palm is one of the largest solid wastes produced by oil palm plantations. Each a fresh fruit bunches results 2-3 leaf bunches waste. The leaf bunch of oil palm are lignocellulosic wastes that have not been utilized optimally. The components of lignocellulose in leaf bunches as high as 65% which includes cellulose, hemicellulose and lignin. The high lignocellulose component in leaf bunches of oil palm has potential to be used as a raw material of activated carbon electrodes as a supercapacitor application [2]. To ensure this, many previous studies have suggested the use of high lignocellulosic materials as carbon electrodes with high performance such as durian shell [3], coconut [4] and tobacco [5]. Based on the description above, a study was conducted on the manufacture of carbon electrodes made from leaf bunches of oil palm as supercapacitor cell applications. Activated carbon is prepared by the single step carbonization and activation process. 0.4 M KOH was chosen as a chemical activator agent. The focus of this study is the variation of leaf bunches of oil palm powder particles. It is hoped that this study can be used as an alternative utilization of the potential of leaf bunches waste so as to reduce the problem of oil palm waste and environmental pollution in Indonesia.

## 2. Material and Methods

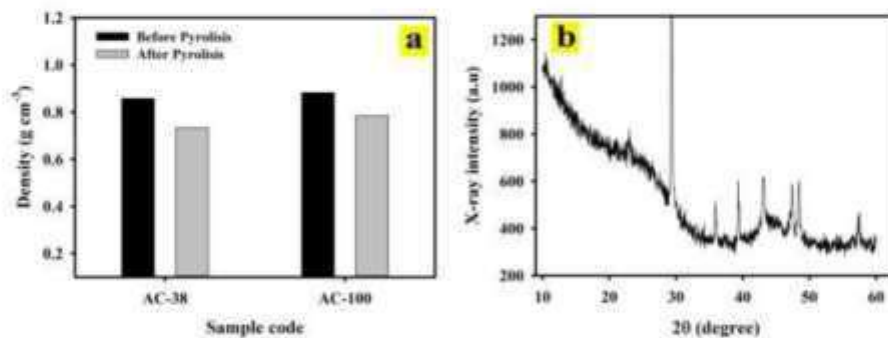
The leaf bunches of oil palm are collected from oil palm farmers in Riau Province. samples are dried in the oven to reduce the moisture content. Furthermore, the pre-carbonization process is carried out at room temperature to 250 °C. The powder preparing process is carried out using a milling instrument. The powder was sieved using two types of sieve sizes such as 100 µm and 38 µm sieves. From the results of this sieve we found variety of powder sizes. Based on the sieve variations, the samples were labeled AC-100 and AC-38. The chemical activation process was carried out using a hot plate at a temperature of 80 C in 0.4 M Potassium Hydroxide. The sample powder was changed into monolith form using a hydraulic press. The process of pyrolysis is carried out in single step including carbonization process by flowing N<sub>2</sub> gas and followed by a physical activation process in CO<sub>2</sub> gas atmosphere at a temperature of 900 °C [6, 7]. Finally, the sample is arranged into supercapacitor cells in form of sandwich [8].

The physical properties of the activated carbon electrode were evaluated using several analyzes. Density as initial analysis is determined based on mass and volume of activated carbon electrodes. The structure of activated carbon was reviewed by x-ray diffraction using Cu K $\alpha$  radiation ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ). The surface morphology is evaluated by scanning electron microscopy at a magnification of 20000 times. Pore properties and surface area were analyzed using the N<sub>2</sub> gas absorption method. Electrochemical properties were evaluated using the cyclic voltammetry method with two electrode system and 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as an electrolyte. The potential window chosen is 0-0.5V at a relatively low scan rate (1 mV s<sup>-1</sup>). Specific capacitance is calculated using a standard formula based on CV measurement data [9].

### 3. Discussions

#### 3.1. Physical properties analysis

One analysis of the initial electrode physical properties which is usually evaluated is the density analysis. Density is calculated based on the mass and volume of the electrode during the pyrolysis process. Fig. 1(a) shows the results of density before and after the pyrolysis process. The highest density was found in the AC-100 while the smallest density was found in the AC-38. This density result is consistent with the other study reported [10] with a sample of empty fruit bunches of oil palm stated that the largest sieve size produced the highest density. Decreasing density after the pyrolysis process is due to evaporation of water content and decomposition of complex compounds in the sample which last for 10.6 hours. Evaporation and decomposition of these complex compounds results in the formation of pores on the electrodes so that the density decreases.

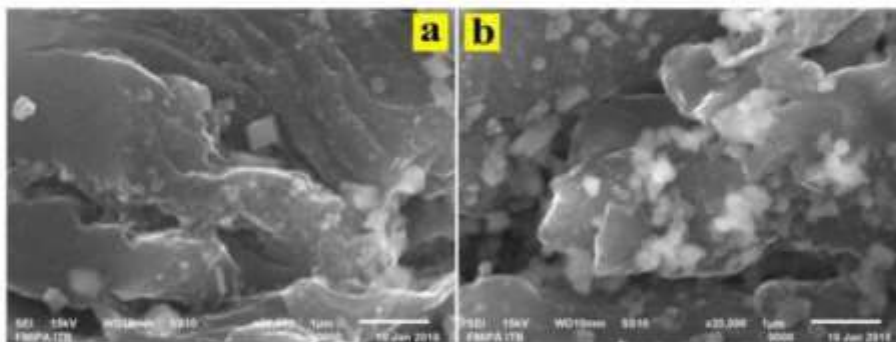


**Fig. 1.** (a) Density for before and after phyrolysis process, (b) XRD pattern for AC-100 sample.

The X-ray diffraction pattern of AC-100 leaf bunch of oil palm activated carbon is shown in Fig. 1(b). The curve presents two wide peaks and several sharp peaks. Two wide peaks located at 23° and 44° indicate the characteristic peak of the diffraction plane (002) and (100), indicating amorphous carbon structures [11]. Furthermore, sharp peaks in XRD pattern

indicate the presence of crystal structures from other elements such as  $\text{CaCO}_3$  which are located at an angle of  $29^\circ$  and  $48^\circ$ .

The surface morphology of AC-38 and AC-100 is characterized by SEM with magnification of 20000 times which shown in Fig. 2(a) and Fig. 2(b). SEM micrographs clearly exhibit electrode surface morphology that are quite smooth and regular. Fig. 2(a) present fine particles that are spread evenly on the surface of the electrode. However, the presence of larger particles is abundant in AC-100 from Fig. 2(b). Larger particle sizes adorn the surface of the carbon electrode. This is influenced by the size of the sieve. A larger sieve automatically results in a larger particle size, as seen in the SEM micrograph in this study.



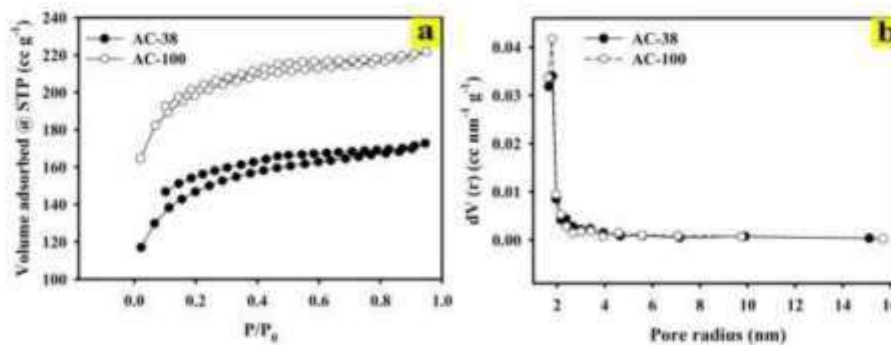
**Fig. 2.** SEM micrographs for (a) AC-38, (b) AC-100

Nitrogen adsorption isotherms for AC-38 and AC-100 are shown in Figure 3 (a). According to isotherm tendencies, Fig. 3(a) presents type-IV isotherms. Hysteresis loops are characteristic of type-IV isotherms which indicate the presence of wide expanding meso pores [12, 13]. The hysteresis loop starts from a relative pressure of 0.4 to a relative pressure of 0.9, indicating that in the relative pressure range,  $\text{N}_2$  gas is absorbed more by the meso pores. At relatively lower pressures than 0.4 seem faster saturation curves which indicate the presence of relatively fewer micro pores. Surface area was examined using the BET method

for AC-38 and AC-100 as high as 479.975 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> and 639.836 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, respectively. The pore size distribution of AC-38 and AC-100 is shown in Fig. 3(b). Many pore distributions concentrate at a pore radius of 1.9 nm, which facilitates electrolyte ion transfer and increases the capacity of electrode material. The average pore diameter produced was 3.8 nm which was evaluated using the BJH method. The surface area shown in this study corresponds to other studies that also discuss carbon electrodes from biomass waste as shown in Table 1.

**Table 1.** Comparison of S<sub>BET</sub> for different biomass resources of supercapacitor electrodes

Biomass resources	S <sub>BET</sub>	References
Leaf bunches of oil palm	639.836	This work
Gelatin	416	[14]
Kombucha	917	[15]
Crude auricularia	80.08	[16]
Leaves (Fallen)	1078	[17]
Corn cob residue	1210	[18]
Coconut kernel pulp (Milk free)	1200	[19]



**Fig. 3.** (a) N<sub>2</sub> gas adsorption/desorption for AC-38 and AC-100, (b) The distribution pore radius for AC-38 and AC-100



### 3.2. Electrochemical properties analysis

The cyclic voltammetry is a method used to determine the relationship between charging-discharging current density with a certain potential window. The results from the CV measurements are used to evaluate the capacitive properties of a supercapacitor cell that is presented in a curve. The resulting curve area represents the specific capacitance of the measured supercapacitor cell. Measurement is carried out at a scanning rate of  $1 \text{ mV s}^{-1}$  at a potential window of 0-0.5V. The selection of the relatively low scanning rate because the ions will diffuse evenly and optimum into the pores of the carbon electrode surface so as to produce maximum specific capacitance. Fig. 4 shows the CV curves for AC-38 and AC-100. The rectangular shape shown in Figure 4 is a normal curve for supercapacitor electrodes from biomass material [20]. The specific capacitance produced for AC-38 and AC-100 are  $33 \text{ F g}^{-1}$  and  $52 \text{ F g}^{-1}$ , respectively. AC-100 samples show that capacitive is better than AC-38. Based on these results, it can be seen that AC-100 has a faster ion transfer with more electrolyte ion accumulation. This analysis is supported by a greater surface area at AC-100 of  $639.8 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  thus allowing more pore accumulation of ions. Surely it will produce better capacitive properties.

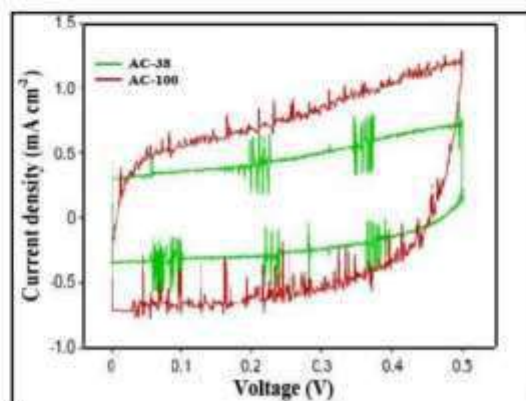


Fig. 4. The CV curve for AC-38 and AC-100

#### **4. Conclusion**

Supercapacitor electrode made from leaf bunches of oil palm successfully prepared by using single step carbonization and activation process with powder size particle variation as main focus. The carbon electrode prepared by multi-activation such as chemical activation by 0.4 M KOH and physical activation in CO<sub>2</sub> gas atmosphere at a temperature of 900 °C. Smaller powder particle exhibit smaller density as high as 0.67 g cm<sup>-3</sup>. Electrode microstructure presenting amorphous carbon with smooth and regular surface morphology. Particle size also affects pore properties and surface area of carbon electrodes. Smaller pore size indicates smaller surface area and the highest surface area is found in larger particle size of AC-100 as high as 639.836 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>. This physical property supports the capacitive properties of supercapacitor cells. The highest specific capacitance was found in AC-100 of 52 F g<sup>-1</sup>. Based on the excellent properties of this carbon electrode, the leaf bunches of oil palm has potential to be further developed as a raw material from activated carbon electrodes as supercapacitor applications.

#### **Acknowledgement**

The author would like to thank the LPPM of State Islamic University of Sultan Syarif Kasim, Riau with the title "study on use of leaf wastes in the campus environment of UIN SUSKA for electrodes as supercapacitor energy storage devices" with contract number: Un.04/L.1/TL.01/445/2019.

## References

- [1] Directorate General of Estate Crops Indonesia, Tree crop estate statistics of indonesia 2015-2017, Secretariate of Directorate General of Estate Crops, 2016, Jakarta, Indonesia.
- [2] H. Yang, S. Ye, J. Zhou, T. Liang, biomass-derived porous carbon materials for supercapacitor, *Frontier Chemistry*, 7 (2019) 274-288.
- [3] L. K. Ong, A. Kurniawan, A. C. Suwandi, C. X. Lin, X. S. Zhao, S. Ismadji, A facile and green preparation of durian shell-derived carbon electrodes for electrochemical double-layer capacitors, *Progress in Natural Science: Materials International*, 22 (2012) 624–630.
- [4] G. Cruz, M. Pirila, M. Huuhtanen, L. Carrión, E. Alvarenga, R. L. Keiski, Production of Activated Carbon from Cocoa (*Theobroma cacao*) Pod Husk, *Civ. Environ. Eng.*, 2 (2012) 1–6.
- [5] H. Chen, Y-c. Guo, F. Wang, G. Wang, P-r. Qi, X-h. Guo, B. Dai, F. Yu, An activated carbon derived from tobacco waste for use as a supercapacitor electrode material, *New Carbon Materials*, 32 (2017) 592-599.
- [6] E. Taer, Apriwandi, Yusriwandi, W. S. Mustika, Zulkifli, R. Taslim, Sugianto, B. Kurniasih, Agustino, P. Dewi, Comparative study of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O activation in the synthesis of carbon electrode for supercapacitors, *AIP Conference Proceedings*, 1927 (2018) 030036-1–030036-6.
- [7] E. Taer, A. Apriwandi, R. Taslim, U. Malik, Z. Usman, Single Step Carbonization-Activation of Durian Shells for Producing Activated Carbon Monolith Electrodes, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 14 (2019) 1318 – 1330.

- [8] E. Taer, Sugianto, M. A. Sumantre, R. Taslim, Iwantono, D. Dahlan, M. Deraman, Eggs Shell Membrane as Natural Separator for Supercapacitor Applications, *Advanced Materials Research*, 896 (2014), 66-69.
- [9] K. Mensah-Darkwa, C. Zequine, P. K. Kahol, R. K. Gupta, Supercapacitor energy storage device using biowastes: a sustainable approach to green energy, *Sustainability*, 11 (2019) 1-22.
- [10] R. Farma, M. Deraman, A. Awitdrus, I. A. Talib, E. Taer, J. G. Manjunatha, M. M. Ishak, N. H. Basri, B. N. M. Dollah, S. A. Hashmi, Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors, *Bioresource Technology*, 132 (2013) 254-261.
- [11] J. M. Valante-Nabais, J. G. Teixeira, I. Almeida, Development of easy made low cost binderless monolithic electrodes from biomass with controlled properties to be used as electrochemical capacitors. *Bioresource Technology*, 102 (2011) 2781-2787.
- [12] W. S. K. Sing, H. D. Everett, W. A. R. Haul, L. Moscou, A. R. Pierotti, J. Rouquerol, T. Siemieniewska, Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity, *Pure and Applied Chemistry*, 57 (1985) 603-619.
- [13] W. R. Li, D. H. Chen, Z. Li, Y. F. Shi, Y. Wan, G. Wang, Z. Y. Jiang, D. Y. Zhao, Nitrogen containing carbon spheres with very large uniform mesopores: superior electrode materials for EDLC inorganic electrolyte, *Carbon*, 45 (2007) 1757-1763.
- [14] Z. Ling, Z. Wang, M. Zhang, C. Yu, G. Wang, Y. Dong, S. Liu, Y. Wang, J. Qiu, Sustainable synthesis and assembly of biomass-derived B/N co-doped carbon nanosheets with ultrahigh aspect ratio for high-performance supercapacitors, *Advances Function Materials*, 26 (2016) 111-119.

- [15] C. Dai, J. Wan, W. Geng, S. Song, F. Ma, J. Shao, KOH direct treatment of kombucha and in situ activation to prepare hierarchical porous carbon for high-performance supercapacitor electrodes, *Journal of Solid State Electrochemistry*, 21 (2017) 2929–2938.
- [16] H. Zhu, X. Wang, F. Yang, X. Yang, Promising Carbons for Supercapacitors Derived from Fungi, *Advance Materials*, 23 (2017) 2745–2748.
- [17] Y-T. Li, Y-T. Pi, L-M. Lu, S-H. Xu, T-Z. Ren, Hierarchical porous active carbon from fallen leaves by synergy of  $K_2CO_3$  and their supercapacitor performance, *Journal of Power Sources*, 299 (2015) 519–528.
- [18] W-H. Qu, Y-Y. Xu, A-H. Lu, X-Q. Zhang, W-C. Li, Converting biowaste corncob residue into high value added porous carbon for supercapacitor electrodes. *Bioresour. Technol.*, 189 (2015) 285–291.
- [19] B. Kishore, D. Shanmugasundaram, T. R. Penki, N. Munichandraiah, Coconut kernel-derived activated carbon as electrode material for electrical double-layer capacitors. *Journal of Applied Electrochemistry*, 44 (2014) 903–916.
- [20] B. Conway, *Electrochemical supercapacitors: scientific fundamentals and technological applications*, Springer Science & Business Media, (2013) Berlin, Germany.

### 3. Full paper The 2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

#### Porous structure and high capacitance of activated carbon prepared from biomass waste (Rija-rija Grass Plants) for Supercapacitor Electrodes

Rika Taslim<sup>1,\*</sup>, Anshori Kasri<sup>2</sup>, Novi Gustina<sup>1</sup>, Apriwandi<sup>2</sup>, Agustino<sup>2</sup>, Erman Taer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Industrial Engineering, State Islamic University of Sultan Syarif Kasim, 28293 Simpang Baru, Riau, Indonesia.

<sup>2</sup> Department of Physics, University of Riau, 28293 Simpang Baru, Riau, Indonesia.

\* Corresponding author: [rika.taslim@gmail.com](mailto:rika.taslim@gmail.com)

**Abstract.** The activated carbon electrodes made from rija-rija grass plants (*Scleriasumatrensis*) as a biological material (Biomass) has been successfully fabricated. The activated carbon prepared with the ratio of carbon and ZnCl<sub>2</sub> at (1: 0.25), (1: 0.5), (1: 1.0), and (1: 1.5) respectively. Monolith is formed by Hydraulic press and the pyrolysis by using one step carbonization-physical activation process. The carbonization carried out by using N<sub>2</sub> gas at room temperature to 600 °C followed by physical activation in CO<sub>2</sub> gas atmosphere until temperature of 900 °C. The physical and electrochemical properties was analyzed include density analysis, X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), energy dispersive X-ray (EDX), brunauer-emmet-teller (BET), and cyclic voltammetry (CV) on supercapacitor electrodes. The highest specific capacitance was found at the RR-0.5 sample as high as 294 F g<sup>-1</sup> with high specific surface area of 532.876 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Biological materials; ZnCl<sub>2</sub>; supercapacitor.

#### 1. Introduction

Grass ecosystems contribute 20% of the world's carbon reserves [1]. Rija-rija (*Scleriasumatrensis*) includes grass and weed plants that are adaptable to a variety of plants [2]. Rija grass (RR) is often found in areas submerged in acidic water [3]. In Indonesia, RR is widely developed in the Sumatera region, especially Riau province, which is dominated by peatlands.

Rumput rija-rija merupakan tanaman liar yang tumbuh dengan ukuran hampir mencapai 2 meter dengan kepadatan yang tinggi. Jika pertumbuhan rumput ini dibiarkan tidak terkendali akan menyebabkan parasit bagi lingkungan seperti pendangkalan ekosistem perairan. Untuk itu perlu upaya untuk mengurangi ekosistem rija-rija agar kestabilan ekosistem perairan tetap terjaga.

Rija-rija grass is a wild plant that grows to almost 2 meters in size with high density. If the growth of this grass is left out of control can cause parasites for the environment such as silting of aquatic ecosystems. For this reason, efforts are needed to reduce the rija-rija ecosystem so that the stability of the aquatic ecosystem is maintained.

Rija-rija has a cell wall consisting of 8.25% lignin, 35.83% cellulose, 19.48% hemicellulose or can be called Detergent Acid Fiber (ADF) with a percentage of 52.26% in every 100 g [1], which acting as an intermediary for carbon supply. The use of carbon materials by developing pore structures into activated carbon can be produced through the pyrolysis process and aided by chemical or physical activation processes in biological materials (biomass) [4]. Carbon materials are often used as electrode material to make supercapacitors [5]. Supercapacitors are considered as ideal energy storage devices because the life cycle is quite long, the characteristics of power density and energy density are quite high [6]. The production of electrodes made from biomass is quite desirable because it can be obtained from wasted materials or processed waste products, thus simultaneously supporting land-fill reduction [7]. The use of biomass carbon content is quite often used as an object of

research within the scope of activated carbon as well as for supercapacitors. The following are some of the raw materials in the preparation of biomass-based supercapacitor electrodes such as coconut fiber [8], sago waste [9], rice husk [10], food waste [11] and banana stem waste [12], etc. This study examines the use of carbon fiber materials without the addition of adhesives as electrodes for supercapacitors. The specific capacitance of supercapacitor cell was obtained as high as  $294 \text{ F g}^{-1}$ . It is hoped that research on supercapacitors from these grasses can be developed in sophisticated applications such as electric cars etc.

## 2. Experiments

Activated carbon made from RR is carried out through the pre-carbonization, carbonization and physical activation process. The grass stem of the RR is cut, cleaned and dried for 2 days. Pre-carbonization is done by increasing the temperature gradually from room temperature to  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pre-carbonization samples are converted into powder using a ball milling instrument. Chemical activation in pre-carbonized powder was carried out by varying the ratio of powder to zinc chloride or  $\text{ZnCl}_2$  for 1: 0.25, 1: 0.5, 1: 1.0, and 1: 1.5. Based on variations in the ratio of activator agents, samples can be labeled as RR-0.25, RR-0.5, RR-1.0 and RR-1.5. The chemically activated sample is converted into a monolith using a Hydraulic Press at a pressure of less than 10 tons. The carbonization process begins from room temperature to  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  in the  $\text{N}_2$  gas atmosphere, followed by physical activation to a temperature of  $900 \text{ }^\circ\text{C}$  in the  $\text{CO}_2$  gas atmosphere [13]. Monolith samples are neutralized and polished and they are ready to be assembled into supercapacitor cells.

Supercapacitor cells are arranged in the form of coin type [14] with components including acrylic as a body cell, electrode made from activated carbon, separator made from egg shell membrane [15],  $1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$  as an electrolyte and current collector in the form of stainless steel. Samples that have passed the pyrolysis process pass physical properties such



as density, XRD, SEM-EDS, and BET tests. The density measurement aims to determine the effect of the pyrolysis process on sample density. Measurements made in the form of diameter, thickness, and mass. The XRD Analysis using X-Pert Pro PW 3060/10 Cu k- $\alpha$  1.5418 Å aims to determine the degree of crystallinity and lattice structure of the monolith. The SEM-EDS analysis using JEOL JSM-6510 LA aims to observe the surface morphology and percentage of chemical contents in monoliths. The BET method aims to estimate the specific surface area of carbon monolithic pores. The electrochemical properties of electrodes from supercapacitor cells can be reviewed using the Cyclic Voltammetry (CV) method. Cyclic voltammetry (CV) is carried out through the scanning process of charging and discharging currents with the voltage range of 0 mV to 500 mV by using a CV UR Rad-Er 5841 instrument. The cell capacitance data is calculated with a standard formula [16, 17].

### **3. Result and discussion**

#### *3.1. The density analysis*

The densities of RR samples before physical carbonization-activation have greater densities than after carbonization-physical activation is shown in Fig. 1. One factor affects density is the water content and many pores. The difference in density indicates monolithic carbon undergoing pore restructuring and the removal of residual substances while developing the electrode pores. A significant decrease in density was found in the RR-1.0 sample of 52.32%. The density of the sample after the carbonization-activation process for the RR-0.25, RR-0.5, RR-1.0, and RR-1.5 samples were 0.973 g cm<sup>-3</sup>, 0.723 g cm<sup>-3</sup>, 0.452 g cm<sup>-3</sup>, and 0.625 g cm<sup>-3</sup> respectively. The carbonization-physical activation process causes dehydration and de-hydroxylation in the raw material to form pores. The pores that develop

on the electrodes contribute to reduce density it easier to transfer the charge to the electrode [18].

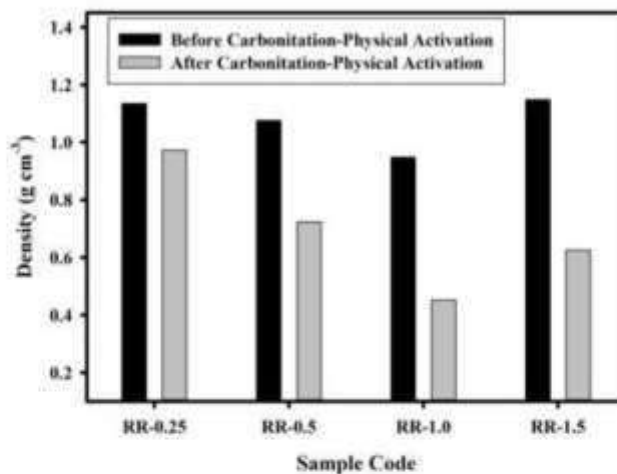


Fig. 1. Density before and after physical activation

### 3.2. The crystallinity analysis

The X-ray diffraction patterns are measured in the range of  $10^\circ$  to  $60^\circ$  for diffraction angle  $2\theta$  which shown in Fig. 2. In general, the appearance of the diffraction curve for all samples shows two broad peaks and several sharp peaks. The broad peaks in range of  $22^\circ$  and  $44^\circ$  angles correspond to scattering planes (100) and (002) which indicate the presence of carbon amorphous. Sharp peaks indicate other elements than carbon in the monolithic electrode [19]. Interlayer spacing data  $2\theta$  (hkl),  $d$  (hkl), layer height  $L_c$ , and  $L_a$  layer width are shown in Table 1.

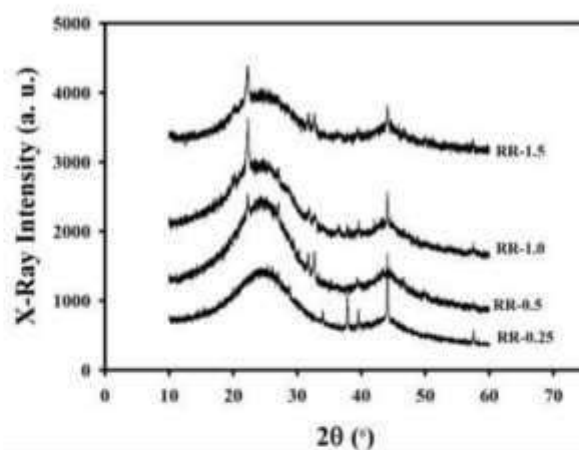
These data presented in the table is a approach using the lorenzian equation in Origin software. The  $d_{002}$  and  $d_{100}$  calculated by using the bragg equation  $n\lambda=2d \sin\theta$ , with  $\lambda$  is the X-ray diffraction wavelength (1.5406 Å) in the diffraction order  $n = 1$  [20].  $L_c$  and  $L_a$  are

determined by using the Debye-Scherrer equation,  $L_{c,a} = k \lambda / \beta_{c,a} \cos \theta$ , [20]. The  $2\theta$  diffraction angle in data hkl (002) has decreased with the increasing in the ratio of  $ZnCl_2$ , except the RR-0.5 sample. Whereas  $2\theta$  diffraction angle  $2\theta$  at hkl (100) increases with the addition ratio of  $ZnCl_2$ , except the RR-1.5 sample. The interlayer spacing (100) increases with the increasing in the ratio of  $ZnCl_2$ , except for the RR-0.5 sample. Increasing the interlayer spacing (100) corresponds to the layer width ( $L_a$ ), indicates the more activating agent are given to the carbon electrodes, the more open pores in the sample so the carbon particle structure arrangement to wider. Whereas the interlayer spacing (002) decrease with the increasing in the ratio of  $ZnCl_2$ , except in the RR-1.5 sample. It is possible the addition of activating agent has the potential to reduce non-carbon materials and rearrange the basic structure of the electrode.  $L_c$  and  $L_a$  are irregular in increasing the ratio of activating agent.  $L_c$  sorted by the smallest to largest are as follows RR-0.5 (13.1958), RR-1.5 (18.8418), RR-1.0 (20.8988), and RR-0.25 (25.0020). However, this arrangement is reverse for  $L_a$ , RR-0.25 (7.8999), RR-1.0 (8.5728), RR-1.5 (14.9996), and RR-0.5 (37.2642). The decreasing in the  $L_c$  is matched by the increasing in the  $L_a$ . Large  $L_c/L_a$  comparisons allow a large surface area it supports specific capacitance.  $L_c/L_a$  in the rija grass sample corresponds to the  $L_c/L_a$  in previously studied [21]. This situation (a small  $L_c$ , a large  $L_a$ ) indicates a material structure in the form of a pile of thin layers with large layer width such as wafer layers which indicate a high specific surface area was found in RR-0.5 sample. This analysis was support by the BET analysis which discuss in the next subsection.

**Table 1.** The X-ray diffraction variables for activated carbon

Samples	$2\theta_{(002)}$ (°)	$2\theta_{(100)}$ (°)	$d_{(002)}$ (Å)	$d_{(100)}$ (Å)	$L_c$ (Å)	$L_a$ (Å)	$L_c/L_a$
RR-0.25	23.402	43.953	3.7982	2.0583	25.0020	7.8999	3.1649

RR-0.5	23.756	44.041	3.7424	2.0544	13.1958	37.2642	0.3541
RR-1.0	22.932	44.658	3.8750	2.0275	20.8988	8.5728	2.4378
RR-1.5	22.724	43.531	3.9100	2.0773	18.8418	14.9996	1.2562

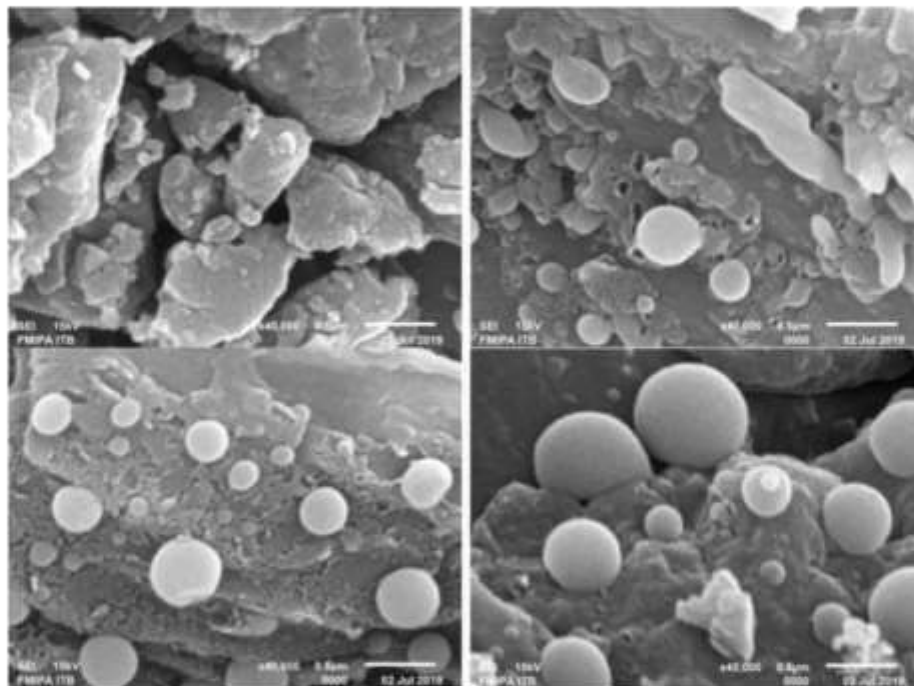


**Fig. 2.** X-ray diffraction patterns for all samples

### 3.3. The surface morphology analysis

The SEM micrograph is used to observe the electrode fracture surface and compare the surface morphological conditions between all samples with different activator ratios. The surface morphology shows an irregular shape. This condition is potential to provide empty spaces for electrolyte ion. The surface gap allows for the accumulation of ions in the electrode. At magnification of 40000 which shown in Fig. 3, the electrode fracture shows several spherical carbon granules on samples except the RR-0.25 sample. The surface structure of the RR-0.25 sample is different compared to other electrode samples, it is exhibit the RR-0.25 sample fracture microstructure is denser and not diverse (predominantly flat). In general, the spherical granules were enlarged at RR-0.5 to RR-1.5. The RR-0.25 sample was

barely visible on the spherical. The size of the spherical granule increases as the activator ratio. The largest size of spherical granules of RR-0.5, RR-1.0, and RR-1.5 samples were 469 nm, 499 nm and 777 nm, respectively. All samples at a magnification of 40,000 show spherical carbon granules coincides with research on activated carbon based on water hyacinth [22].



**Fig. 3.** SEM micrograph at magnification of 40000 for (a) RR-0.25, (b) RR-0.5, (c) RR-1.0, and (d) RR-1.5.

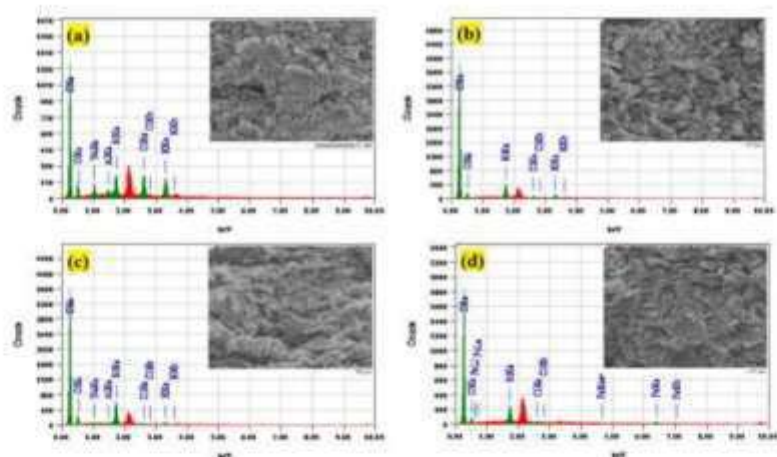
#### *3.4. The chemical composition analysis*

The EDX method is intended to determine the percentage of carbon and other elements on the electrode. Carbon content has the highest percentage followed by oxygen which shown

in Fig. 4. The carbon content is more dominant than the other elements because the RR grass contains high cellulose. The percentage of carbon electrode is directly proportional to the specific capacitance as discussed in the next subsection, except the RR-0.5 sample. Table 2 presents the percentage of elemental content based on the ratio of ZnCl<sub>2</sub>. The percentage of carbon in the RR-0.25, RR-0.5, RR-1.0, and RR-1.5 samples were 83.85%, 90.61%, 88.20%, and 90.77% respectively. The presence of non-carbon elements because not all material of the RR grass reduce become carbon during the carbonization process. In the sample found several elements such as oxygen (O), sodium (Na), Aluminum (Al), silicon (Si), Chloride (Cl), potassium (K), and iron (Fe). Detection of metal content is possible because the RR grasses grow in submerged areas that hold heavy metal content.

**Table 2.** Percentage of chemical content for all samples

Chemical content	Presentage of chemical content			
	RR-0.25	RR-0.5	RR-1.0	RR-1.5
C	83.85	90.61	88.20	90.77
O	10.48	7.50	9.66	6.76
Na	0.90	-	0.05	-
Al	0.32	-	0.04	-
Si	1.19	1.26	1.83	1.45
Cl	1.52	0.16	0.06	0.21
K	1.73	0.47	0.17	-
Fe	-	-	-	0.82

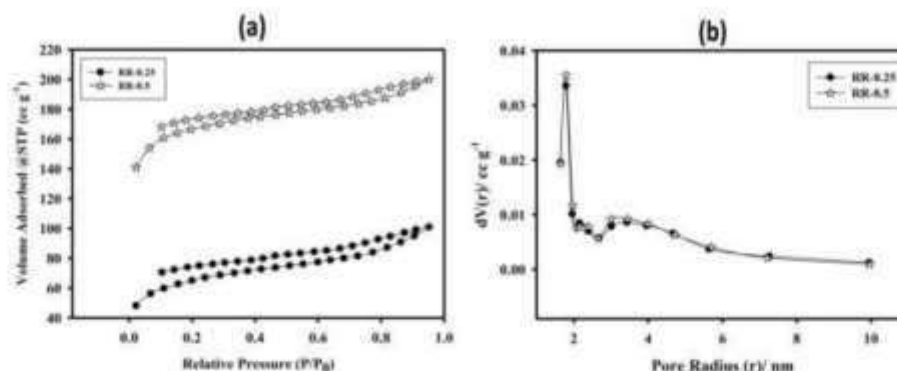


**Fig. 4.** EDX data (a) RR-0.25, (b) RR-0.5, (c) RR-1.0, (d) RR-1.5

### 3.5. The pore properties analysis

Specific surface area was characterized using the Brunauer-Emmet-Teller (BET) method carried out at a temperature of 77 K in the  $N_2$  gas atmosphere. The  $N_2$  gas adsorption volume in the sample depends on the size and dimensions pores. Pore size is divided into three types, such as macropore ( $> 50$  nm), mesopore (2 nm-50 nm), and micropore ( $< 2$  nm) [23]. Fig. 5(a) shows the volume adsorbed against the relative pressure of the sample powder RR-0.25 and RR-0.5. The curve shows one of the  $N_2$  gas absorption based on IUPAC classification namely type IV which corresponds to the electrodes dominated by mesopores (2 nm-50 nm) [23]. Type IV is characterized by loops formed at a relative pressure of 0.4 to 0.9. This is in accordance with the data in Table 3 with D average of 2.8948 nm (RR-0.25) and 2.3308 nm (RR-0.5). Table 3 shows the RR-0.5 sample has a larger surface area of  $532.876 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  compared to the RR-0.25 sample of  $216.33 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ . Fig. 5(b) presents data on the radius pore distribution formed on the electrode. The radius pore distribution dominated at a 1.7 nm. This

data corresponds to the diameter corresponding to Table 3, which is 3.56604 nm (RR-0.25) and 3.58626 nm (RR-0.5) which are still classified into the mesopore type.



**Fig. 5.** (a)  $N_2$  gas adsorption/desorption for RR-0.25 and RR-0.5, (b) The distribution pore radius for RR-0.25 and RR-0.5

**Table 3.** BET surface area ( $S_{BET}$ ), BJH surface area ( $S_{BJH}$ ), BET volume ( $V_{BET}$ ), BJH volume ( $V_{BJH}$ ), BJH diameter ( $D_{BJH}$ ) and average pore diameter ( $D_{average}$ ) for RR-0.25 and RR-0.5

Sample codes	$S_{BET}$ ( $m^2 g^{-1}$ )	$S_{BJH}$ ( $m^2 g^{-1}$ )	$V_{BET}$ ( $cc g^{-1}$ )	$V_{BJH}$ ( $cc g^{-1}$ )	$D_{BJH}$ (nm)	$D_{average}$ (nm)
RR-0.25	216.33	28.3537	0.15656	0.0457425	3.56604	2.8948
RR-0.5	532.876	29.2815	0.31052	0.046196	3.58626	2.3308

### 3.6. The electrochemical properties analysis

Cyclic Voltammetry was evaluated by using Physics UR Rad-Er 5841 which was monitored through personal computers with CDv6 software. The CV curve shows the rectangular shape which indicates the normal shape for supercapacitors made from carbon material as shown in Fig. 6. The large rectangular area indicates the high specific capacitance. The RR-0.5 sample exhibits the largest rectangular area and is followed by RR-



1.5, RR-1.0, and RR-0.25 respectively. The charge current ( $I_c$ ), discharge current ( $I_d$ ), average mass of electrode ( $m$ ), and specific capacitance of supercapacitors ( $C_{sp}$ ) are shown in Table 4. The Specific capacitance determined by the standard equation and the RR-0.5 sample shown the highest capacitance as high as  $294 \text{ F g}^{-1}$ . This specific capacitance is the high performed among the biomass based material for activated carbon electrode compared the other studies which shown in Table 5. The energy and power was calculated using standard equations [24, 25] for RR-0.5 sample as high as  $10.24 \text{ Wh Kg}^{-1}$  and  $73.87 \text{ W K g}^{-1}$ . These data also similar with other electrode supercapacitor for different biomass materials.

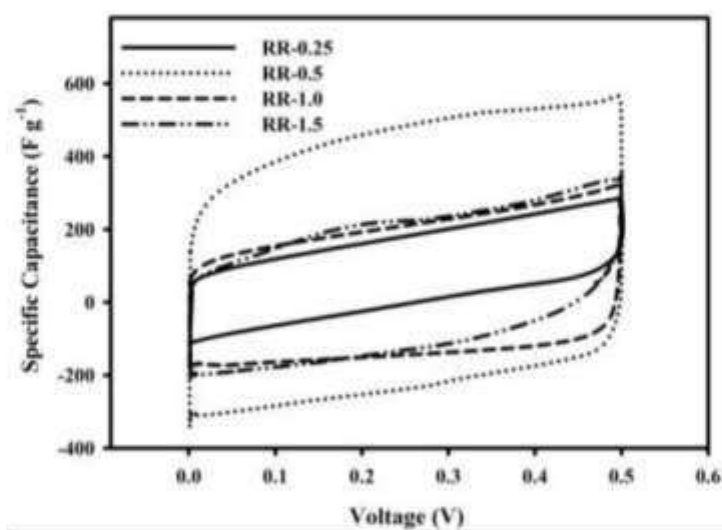


Fig. 6. Specific capacitances for RR-0.25, RR-0.5, RR-1.0 and RR-1.5

**Table 4.** The charge current ( $I_c$ ), discharge current ( $I_d$ ), average mass of electrode ( $m$ ), and specific capacitance of supercapacitors ( $C_{sp}$ ) for all samples

Sample codes	Mass average (g)	$I_c$ ( $\mu A$ )	$I_d$ ( $\mu A$ )	$C_{sp}$ ( $F g^{-1}$ )
RR-0.25	0.00510	549	-29	113.33
RR-0.5	0.00250	451	-280	294.00
RR-1.0	0.00315	276	-290	179.68
RR-1.5	0.00575	649	-390	180.52

**Table 5.** Comparison of specific surface area, specific capacitance, energy and power density for other biomass resources

Biomass resources	$S_{BET}$ ( $m^2 g^{-1}$ )	$C_{sp}$ ( $F g^{-1}$ )	E ( $Wh Kg^{-1}$ )	P ( $W Kg^{-1}$ )	References
Cotton	1990	173	5.7	12.5	[18]
coconut shells	787	-	-	-	[26]
Oil palm empty fruit bunches	1704	150	4.297	173	[27]
Sisal	2289	415	11.9	250	[28]
Paulownia flower	1471	297	44.5-22.2	247-3781	[29]
Tobacco	1297.6	148	2.66	25	[30]
rice straw	349.98	112	-	-	[31]
Rija-rija	532.876	294	10.24	73.87	In this study

#### 4. Conclusions

This study demonstrated that rija-rija grass may be used to prepare activated carbon electrode via varying  $ZnCl_2$  concentration as chemical activation agent. The surface area,

porosity, carbon content were supporting the specific capacitance, energy and power densities through the  $ZnCl_2$  concentration conditions. In general,  $ZnCl_2$  as chemical activation agent facilitated the formation of new pores dominantly meso structure. Optimum conditions for preparing AC from rija-rija in varying  $ZnCl_2$  concentration generated from 0.5 M which excellent chemical properties such as specific capacitance energy and power densities as high as  $294\text{ F g}^{-1}$ ,  $10.24\text{ Wh Kg}^{-1}$  and  $73.87\text{ W Kg}^{-1}$ .

### Acknowledgement

The author would like to thank the LPPM of State Islamic University of Sultan Syarif Kasim, Riau with the title "study on use of leaf wastes in the campus environment of UIN SUSKA for electrodes as supercapacitor energy storage devices" with contract number: Un.04/L.1/TL.01/445/2019. We also would like to thank the DRPM Kemenristek-dikti through the third year project of PDUPT with title "Potential of urban solid waste utilization as a supercapacitor electrode" with contract number: 759/UN.19.5.1.3/PT.01.03/2019

### Reference

- [1] I. Martaguri, L. Abdullah, P. D. M. H. Karti, I. K. G. Wiryawan, R. Dianita, Simpanan karbon dan kandungan nutrisi beberapa spesies rumput tropis asal perkebunan kelapa sawit rakyat di kabupaten sarolangun propinsi Jambi, *Journal of Tropical Forage Science*, 4 (2015) 66-69.
- [2] R. Novalinda, Z. Syam, Solfiyeni, Analisis vegetasi gulma pada perkebunan karet (*hevea brasiliensis mull,arg.*) di kecamatan Batang Kapas, kabupaten Pesisir Selatan, *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 3 (2014) 129-134.

- [3] H. Iswahyudi, J. Hanafie, Teknik pengendalian gulma pada tanaman menghasilkan kelapa sawit (*elaeis guineensis* jacq) di pt. barito putera plantation, Jurnal Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur (Agrisains), 3 (2017) 51-58.
- [4] W. N. R. W. Isahak, M. W. M. Hisham, M. A. Yarmo, Highly porous carbon materials from biomass by chemical and carbonization method: a comparison study, Journal of chemistry, 2013 (2013) 1-6.
- [5] C. Subramani, Z. S. Iro, S. S. Dash, A brief of electrode materials for supercapacitor, Int. J. Electrochem. Sci., 11 (2016) 10628-10643.
- [6] A. Darari, I. S. Hakim, Priyono, A. Subagio, A. Subhan, The effect of temperature deposited on the performance of ZNO-CNT-graphite for supercapacitors, IOP Conf. Series: J. Phys., 877 (2017) 1-6.
- [7] C. Zequine, C. K. Ranaweera, Z. Wang, P. R. Dvornic, P. K. Kahol, S. Singh, P. Tripathi, O. N. Srivastava, S. Singh, B. K. Gupta, G. Gupta, R. K. Gupta, High-performance flexible supercapacitors obtained via recycled jute: bio-waste to energy storage approach, Scientific Reports, 1174 (2017) 1-12.
- [8] L. Yin, Y. Chen, D. Li, X. Zhao, B. Hou, B. Cao, 3-Dimensional hierarchical porous activated carbon derived from coconut fibers with high-rate performance for symmetric supercapacitors, Materials and Design, 111 (2016) 44–50.
- [9] E. Taer, A. Afrianda, Apriwandi, R. Taslim, A. Agustino, Awitdrus, R. Farma, Production of activated carbon electrodes from sago waste and its application for an electrochemical double-layer capacitor, Int. J. Electrochem. Sci., 13 (2018) 10688-10699.
- [10] M. V. Lebedeva, P. M. Ycletsky, A. B. Ayupov, A. N. Kuznetsov, V. A. Yakovlev, V. N. Parmon, Micro-mesoporous carbons from rice husk as active materials for supercapacitors, Mater Renew Sustain Energy, 4 (2015) 1-9.

- [11] C. K.Sim, S. R. Majid, N. Z. Mahmood, Electrochemical performance of activated carbon derived from treated food-waste, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 10 (2015) 10157 – 10172.
- [12] E. Taer, Y. Susanti, Awitdrus, Sugianto, R. Taslim, N. Setiadi, S. Bahri, Agustino, P. Dewi, B. Kurniasih, The effect of CO<sub>2</sub> activation temperature on the physical and electrochemical properties of activated carbon monolith from banana stem waste, *AIP Conference proceedings*, 1927 (2018) 1-5.
- [13] E. Taer, A. Apriwandi, R. Taslim, U. Malik, Z. Usman, Single step carbonization-activation of durian shells for producing activated carbon monolith electrodes, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 14 (2019) 1318– 1330.
- [14] E. Taer, R. Taslim, Brief review: Preparation techniques of biomass based activated carbon monolith electrode for supercapacitor applications, *AIP Conference Proceedings* 1927 (2018) 1-4.
- [15] E. Taer, Sugianto, M. A. Sumantre, R. Taslim, Iwantono, D. Dahlan, M. Deraman, Eggs shell membrane as natural separator for supercapacitor applications, *Advanced Materials Research*. 896 (2014) 66-69.
- [16] S. Faraji, F. N. Ani, The development supercapacitor from activated carbon by electroless plating-A review, *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 42 (2015) 823-834.
- [17] L. Q. Mai, A. Minhas-Khan, X. C. Tian, K. M. Hercule, Y. L. Zhao, X. Lin, X. Xu, Synergistic interaction between redox-active electrolyte and binder-free functionalized carbon for ultrahigh supercapacitor performance, *Nat. Commun.*, 4 (2013).
- [18] Q. Sun, T.Jiang, G. Zhao, J. Shi, Porous carbon material based on biomass prepared by MgO template method and ZnCl<sub>2</sub> activation method as electrode for high performance supercapacitor, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 14 (2019) 1 – 14.

- [19] E. Sari, Pasymi, U. Khatab, E. D. Rahman, Performance Evaluation of Rotary Carbonization Pyrolysis as Durian Shell Biobriquettes Raw Materials, *International Journal of Engineering and Techniques*, 4 (2018) 108-112.
- [20] R. Farma, M. Deraman, Awitdrus, I. A. Talib, R. Omar, J. G. Manjunatha, M. M. Ishak, N. H. Basri, B. N. M. Dolah, Physical and electrochemical properties of supercapacitor electrodes derived from carbon nanotube and biomass carbon, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 8 (2013) 257-273.
- [21] E. Taer, P. Dewi, Sugianto, R. Syech, R. Taslim, Salomo, Y. Susanti, A. Purnama, Apriwandi, Agustino, R. N. Setiadi, The synthesis of carbon electrode supercapacitor from durian shell based on variations in the activation time, *AIP Conf. Proc.* 1927 (2018) 1-6.
- [22] F. Kurniawan, M. Wongso, A. Ayucitra, F. E. Soetaredjo, A. E. Angkawijaya, Y.-H. Ju, S. Ismadji, Carbon microsphere from water hyacinth for supercapacitor electrode, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 47 (2015) 197–201.
- [23] K. S. W. Sing, D. H. Everett, R. A. W. Haul, L. Moscou, R. A. Pierotti, J. Rouquerol, T. Siemieniewska, Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity, *Pure & Appl. Chem.*, 57 (1985) 603-619.
- [24] S. Faraji, F. N. Ani, The development supercapacitor from activated carbon by electroless plating-A review, *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 42 (2015) 823-834.
- [25] Y. Zhang, X. Li, J. Huang, W. Xing, Z. Yan, Functionalization of petroleum coke-derived carbon for synergistically enhanced capacitive performance, *Nanoscale Res. Lett.*, 11 (2016) 1-7.

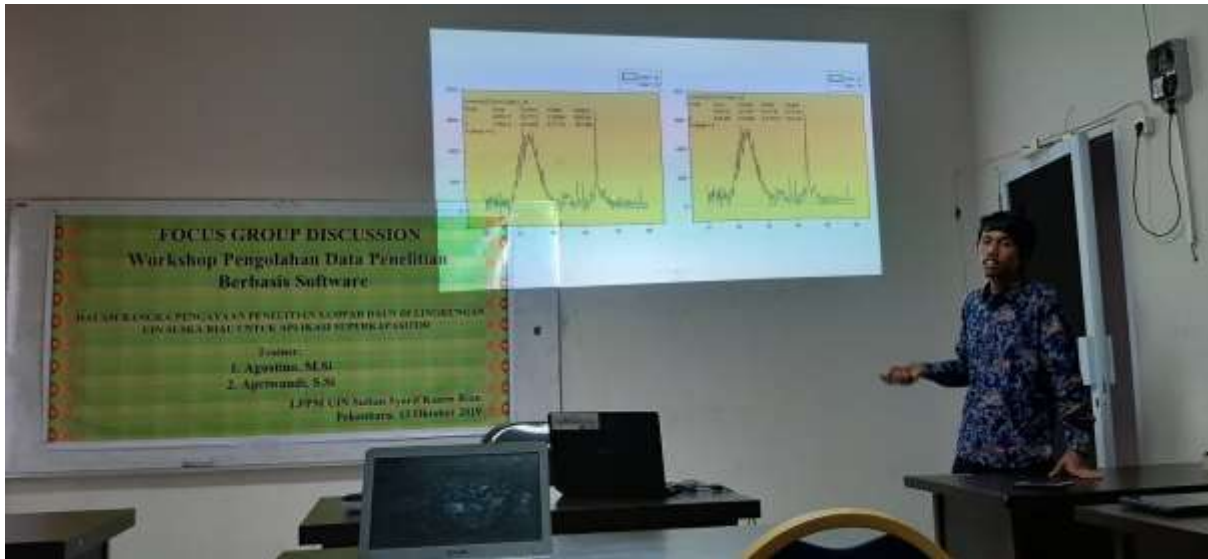
- [26] William K. Buah, Paul T. Williams, Agricultural waste biomass converted to activated carbon as a material for gold processing, *J Mater Cycles Waste Manag* (2012) 14:396–402.
- [27] R. Farma, M. Deraman, A. Awitdrus, I. A. Talib, E. Taer, J. G. Manjunatha, M. M. Ishak, B. N. M. Dollah, N. H. Basri, S. A. Hashmi, Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors, *Bioresource Technology*, 132 (2013) 254–261.
- [28] M. Li, H. Xiao, T. Zhang, Qi. Li, Y. Zhao, Activated carbon fiber derived from sisal with large specific surface area for high-performance supercapacitors *ACS. Sustainable Chem. Eng.*, 2019754716-4723.
- [29] J. Chang, Z. Gao, X. Wang, D. Wu, F. Xu, Yuming, Guo, K. Jiang, X. Wang, Activated porous carbon prepared from paulownia flower for high performance supercapacitor electrodes, *Electrochimica Acta*. 157 (2015) 290–298.
- [30] H. Chen, Y-C. Guo, F. Wang, G. Wang, P-R. Qi, X-H. Guo, B. Dai, F. Yu, An activated carbon derived from tobacco waste for use as a supercapacitor electrode material. *New Carbon Materials*, 32 (2017) 592.
- [31] T. Adinaveen, L. John Kennedy, J. Judith Vijaya, G. Sekaran, Surface and porous characterization of activated carbon prepared from pyrolysis of biomass (rice straw) by two-stage procedure and its applications in supercapacitor electrodes, *J Mater Cycles Waste Manag* (2015) 17:736–747

#### 4. Kegiatan Focus Group Discussion

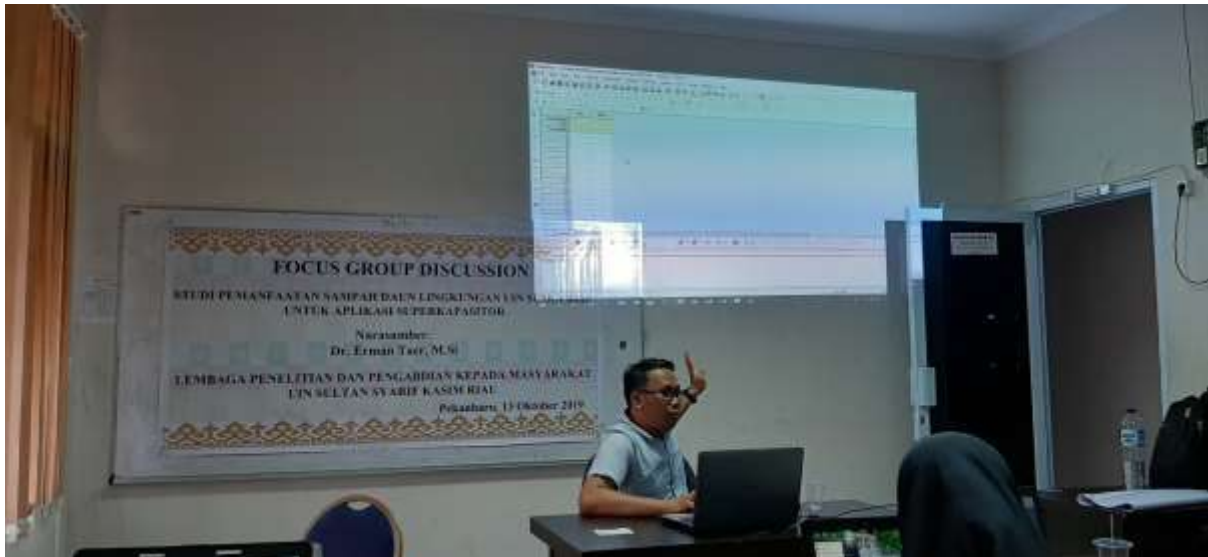












## FGD Sintesis Elektroda Karbon dari Rumput Ilalang

Bengkel Penulisan Paper Konferen/Jurnal  
internasional untuk Mahasiswa

Prof.Dr. Erman Taer, M.Si

Proyek Penelitian Pengembangan Pendidikan  
Tinggi

LPPM UIN SUSKA Riau  
Ketua Peneliti: Dr. Rika , M.Sc

Pekanbaru, 13 Oktober 2019



## Mengapa Harus Publikasi

Masyarakat membayar ... biaya satu kertas / tahun:  
gaji tahunan

Sebarkan pengetahuan Anda, berkontribusi untuk  
kemajuan

Dokumentasikan kemajuan karya ilmiah Anda  
untuk



## Persiapan Manuskrip

Topik: Surprise your colleagues, Menyelesaikan  
persoalan dunia

Kenali state of the art in your field, banyak  
membaca jurnal,

Bedakan antara jurnal science dan konferen  
Coba banyak bercerita,

# **Teknis Pengolahan Data Penelitian**

**(Pengolahan Data BET, XRD dan CV)**

---

**Oleh:  
Agustino**

## **PENDAHULUAN**

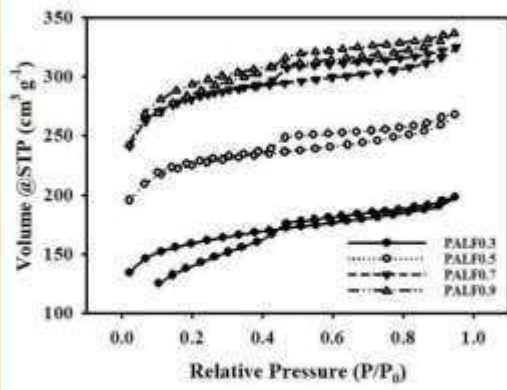
**Beberapa software pengolah data:**

1. Microsoft Excell
2. Sigmaplot (12.3, 12.5, 14)
3. Microcal Origin (32 bit)
4. Origin Pro 8/Pro 9 (64 bit)
5. Match (XRD)
6. Maud software (XRD)
7. IC Measure (SEM)
8. Smart tiff (SEM)

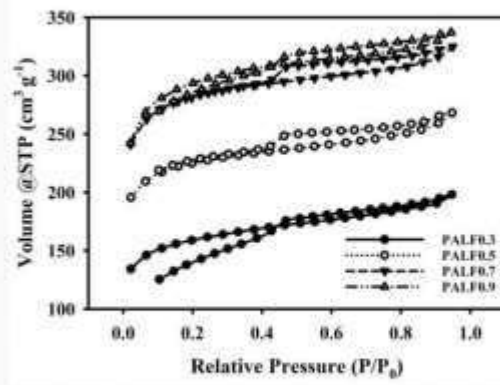
**Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat mengolah data:**

1. Kualitas Gambar/Resolusi
2. Tampilan Data (Hitam putih atau berwarna)
3. Bahasa (penggunaan tanda "." dan ",")

Contoh:



Low Resolution



High Resolution

## 5. Penggunaan Anggaran Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Vol	Sat	Jumlah	Total (Rp)
<b>A. Biaya Pra Kegiatan</b>					
<b>I</b>	<b>Pra Kegiatan (Penyusunan proposal)</b>				
1	Konsumsi	1	pkt	277.200	277.200
2	Surfey ketersediaan Bahan	1	pkt	100.000	100.000
3	Surfey alat ukur	1	pkt	150.000	150.000
<b>II</b>	<b>Pelaksanaan Penelitian</b>				
1	Uji SEM	9	pkt	350.000	3.150.000
2	Uji XRD	3	pkt	150.000	450.000
3	Uji BET	8	pkt	500.000	4.000.000
4	Jasa Operator CV (riset asisten)	1	pkt	500.000	500.000
5	Honor pembantu peneliti	3	pkt	1.000.000	3.000.000
6	pengetikan laporan kemajuan	1	pkt	100.000	100.000
7	Pembelian ATK dan Tinta Printer	1	Bh	150.000	116.000
8	Kertas HVS	2	pkt	50.000	100.000
9	Biaya koneksi Internet dan Komunikasi	5	pkt	90.000	450.000
10	Pembuatan draft Jurnal Internasional	2	pkt	500.000	1.000.000
11	Konferensi Internasional ICEPTI 2019 Solo	3	pkt	2.800.000	8.500.000
12	Tiket Pekanbaru- yogyakarta (PP)	1	pkt	1.726.700	1.726.700
13	Tiket Kereta Yogyakarta- Solo Baru	1	pkt	1.701.700	1.701.700
14	Sewa Mobil Solo-Yogyakarta	1	pkt	300.000	300.000
15	Makan 1	1	pkt	229.900	229.900
16	makan 2	1	pkt	158.500	158.500
17	makan 3	1	pkt	20.000	20.000
18	Lumpsum	3	pkt	1.050.000	1.050.000




19	Honor FGD	4	OK	783.750	3.135.000
20	Uang makan dan Transport Penelitian	11	pkt	731.500	8.046.500
21	Konsumsi Peserta FGD	24	pkt	16.400	393.500
22	Spanduk FGD	2	Bh	40.000	80.000
23	Air mineral	2 kotak	Kotak	33.500	67.000
24	Minuman dingin (Jus)	16	Pkt	6.000	98.000
<b>III</b>	<b>Finaliasi Kegiatan</b>				
1	Edit bahasa Inggris	1	pkt	650.000	650.000
2	Finalisasi laporan akhir	1	pkt	200.000	200.000
3	Pendaftaran HAKI	1	pkt	500.000	500.000
4	fotocopi dan jilid	10	Exp	20.000	200.000
5	Minyak kendaraan selama kegiatan penelitian	1	pkt	200.000	200.000
		1	pkt	200.000	200.000
		1	pkt	150.000	150.000
<b>Total Pengeluaran</b>					<b>41.000.000</b>

## 6. Kwitansi

**TANDA TERIMA**

Pekanbaru, 12 Oktober 2019

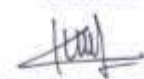
Telah terima dari : Dr. Rika, M.Sc  
Jumlah : Rp. 1.000.000,-  
Keperluan : Pembayaran Honor Pembantu Peneliti

Penerima  
  
Deris Afdal Yusra, S.Si

**TANDA TERIMA**

Pekanbaru, 12 November 2019


Telah terima dari : Dr. Rika, M.Sc  
Jumlah : Rp. 1.000.000,-  
Keperluan : Pembayaran Honor Pembantu Peneliti

Penerima  
  
Deris Afdal Yusra, S.Si

**TANDA TERIMA**

Pekanbaru, 12 Desember 2019

Telah terima dari : Dr. Rika, M.Sc  
Jumlah : Rp. 1.000.000,-  
Keperluan : Pembayaran Honor Pembantu Peneliti

Penerima  
  
Deris Afdal Yusra, S.Si

**TANDA TERIMA**

Pekanbaru, 11 September 2019

Telah terima dari : Dr. Rika Taslim, M.Sc  
Jumlah : Rp. 1.000.000,-  
Keperluan : Pembayaran 2 draf jurnal ilmiah untuk publikasi internasional

Penerima



Apriwandi, S.Si

**TANDA TERIMA**

Pekanbaru, 10 Oktober 2019

Telah terima dari : Dr. Rika, M.Sc  
Jumlah : Rp. 100.000,-  
Keperluan : Pembayaran Penyusunan Laporan Kemajuan

Penerima



Agustino, S.Si

**TANDA TERIMA**

Pekanbaru, 08 Desember 2019

Telah terima dari : Dr. Rika, M.Sc  
Jumlah : Rp. 200.000,-  
Keperluan : Pembayaran Penyusunan Laporan Akhir

Penerima



Agustino, S.Si

No. \_\_\_\_\_  
 Telah terima dari Dr. Riha, MGe.  
 Uang sejumlah \_\_\_\_\_  
 Untuk pembayaran uang jurnal rumpun ilalang  
dari Skim Hibah pengembangan pendidikan  
Tinggi 2019  
 pekabaru, 25-10-2019  
 Rp. 500,000,-  
 (Suci) (Suci)

**BNI** Validasi  
 Tanggal: \_\_\_\_\_  
 Formulir Setoran Rekening  
 No. Jurnal: 71610

Jenis Rekening:  Tapsus  BNI Giro  BNI Deposito  BNI Dollar  Pinjaman  Kartu Kredit  Lainnya \_\_\_\_\_  
 Penduduk  Non Penduduk  
 Mata Uang:  IDR  USD  \_\_\_\_\_  
 Setoran:  Tunai  Non Tunai

Nomor Rekening: \_\_\_\_\_  
 Nama Pemilik Rekening: \_\_\_\_\_  
 Berita/Keterangan: \_\_\_\_\_

Nama Penyator: \_\_\_\_\_  
 Nama Alias: \_\_\_\_\_  
 Alamat Penyator: \_\_\_\_\_  
 Informasi Penyator:  Nasabah, No. Rekening  Non Nasabah, No. ID/KTP/SIM

No. & Tgl. Cek/BG	Bank/Cabang	Jumlah Valas	Kurs	Jumlah Rupiah






Biaya: \_\_\_\_\_  
 Total yang dibayarkan: 500.000,-  
 Terbilang: \_\_\_\_\_

Khusus Setoran > Rp. 100.000.000,- (ekuivalen)  
 Sumber Dana: \_\_\_\_\_  
 Tujuan Transaksi: \_\_\_\_\_

Pejabat Bank: \_\_\_\_\_ Teller: \_\_\_\_\_ Penyator: \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_  
 Telah terima dari Dr. Riha, MGe.  
 Uang sejumlah 500,000,-  
 Untuk pembayaran Untuk Administrasi pengurusan  
HAKI Laporan penelitian. Sambi  
dari Skim penelitian pengembangan pendidikan Tinggi 2019  
pekabaru, 5 Des-2019.  
 a/n Ketua peneliti  
 Rp. 500,000,-  
 Riha, MGe

Daftar :  
 Pembayaran Akomodasi Kegiatan Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi 2019  
 LPPM UIN Suska Riau Tahun 2019  
 Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/977.1/2019  
 Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1090/2019  
 Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1126/2019  
 Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1193.1/2019  
 Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1222.1/2019  
 Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1237.1/2019

No	Nama	Jabatan	Vol	@(Rp)	Jumlah (Rp)	PPH. Psl. 21 (Rp)	Jumlah Bersih (Rp)	Tanda Tangan
1	Dr. Rika, S.Si, M.Sc	Peneliti Utama	11	170,000	1,870,000	93,500	1,776,500	
2	Susi Afriani, MT	Anggota Peneliti	11	150,000	1,650,000	82,500	1,567,500	
3	Marhamah Jelita, MSc	Anggota Peneliti	11	150,000	1,650,000	82,500	1,567,500	
4	Prof. Dr. Erman Taer, M.Si	Anggota penunjang	11	250,000	2,750,000	137,500	2,612,500	
4	Suwandana	Anggota Mahasiswa	11	50,000	550,000	27,500	522,500	
<b>Jumlah</b>					<b>8,470,000</b>	<b>423,500</b>	<b>8,046,500</b>	

Pekanbaru, 5 Desember 2019  
 Peneliti



Dr. Rika, S.Si, M.Sc  
 NIK. 130 514 005

Absen : Kegiatan Penelitian Pengembangan Pendidikan Tinggi 2019  
 LPPM UIN Suska Riau Tahun 2019

Judul : Penelitian Integrasi Keilmuan berdasarkan :

- Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/977.1/2019
- Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1090/2019
- Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1126/2019
- Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1193.1/2019
- Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1222.1/2019
- Surat Tugas No :Un.04/L.1/TL.1/1237.1/2019

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan Hari ke-											Ket		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	Dr. Rika, S.Si, M.Sc	Peneliti utama	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	Riset/Diskusi
2	Susi Afriani, MT	Anggota Peneliti	UT	UT	UT	UT	UT	UT	UT	UT	UT	UT	UT	UT	UT	Riset/Diskusi
3	Marhamah Jelita, MSc	Anggota Peneliti	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	Riset/Diskusi
4	Dr. Erman Taer, M.Si	Anggota Penunjang	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	Diskusi Pakar
5	Suwandana	Peneliti mahasiswa	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	Riset

Pekanbaru, 5 Desember 2019  
 Ketua peneliti

  
 Dr. Rika, M.Sc  
 NIK. 130514005

Daftar : Pembayaran Honor Narasumber, Moderator dan Peserta FGD Penelitian  
 LPPM UIN Suska Riau Tahun 2019  
 Surat Tugas No : Un.04/L-1/TL.01/ /2019

FGD STUDI PEMANFAATAN SAMPAH DAUN LINGKUNGAN KAMPUS UIN SUSKA RIAU UNTUK ELEKTRODA PIRANTI PENYIMPAN ENERGI SUPERKAPASITOR

No	Nama	Jabatan	Vol	Honor (Rp)	Jumlah (Rp)	PPH. Ps. 21 (Rp)	Jumlah Bersih (Rp)	Tanda Tangan
1	Dr. Erman Taer, M.Si	Narasumber	1 OK	900,000	900,000	45,000	855,000	1 <i>Et</i>
2	Dr. Rika, S.Si, M.Sc	Moderator	1 OK	450,000	450,000	22,500	427,500	2 <i>M. Rika</i>
3	Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc	Peserta Dosen	2 OK	100,000	100,000	5,000	95,000	3 <i>Marhama</i>
4	Susi Afriani, MT	Peserta Dosen	2 OK	100,000	100,000	5,000	95,000	4 <i>Ut</i>
5	Agustino, M.Si	Trainer	1 OK	400,000	400,000	20,000	380,000	5 <i>Agustino</i>
6	Apriwandi, S.Si	Trainer	1 OK	400,000	400,000	20,000	380,000	6 <i>Apriwandi</i>
7	Suwandana	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	7 <i>Suwandi</i>
8	Suedi	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	8 <i>Suedi</i>
9	Mirfiah Ainul Mardiah	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	9 <i>Mirfiah</i>
10	Dennis Afdal Yusra	MC	1 OK	150,000	150,000	7,500	142,500	10 <i>Dennis</i>
11	Aprilia Susanti	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	11 <i>Aprilia</i>
12	Bima Kumala Leyanadea D.	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	12 <i>Bima</i>
13	Friska Febriyanti	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	13 <i>Friska</i>
14	Lini Pratiwi	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	14 <i>Lini</i>
15	Martauli Br Sihombing	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	15 <i>Martauli</i>
16	Mega Ratna Dewi	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	16 <i>Mega</i>
17	Metisa	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	17 <i>Metisa</i>
18	M. Ali Akbar Tsalis	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	18 <i>M. Ali</i>
19	Muhammad Exa Fadli	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	19 <i>Muhammad</i>
20	Nikmatun Nazliab	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	20 <i>Nikmatun</i>

21	Novi Yanti	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	21	<i>Ny</i>	
22	Restia Edra Ridholana	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	22		
23	Verdy Manoto Nairpospos	Peserta Mahasiswa	2 OK	25,000	50,000	2,500	47,500	23	<i>VZ</i>	
Jumlah							165,000	3,135,000		


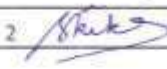
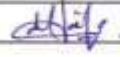










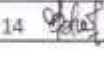



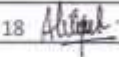
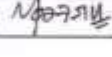
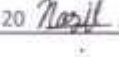



Pekabaru, 13 Oktober 2019  
Peneliti

Dr. Rika, S.Si, M.Sc  
NIK. 130 514 005



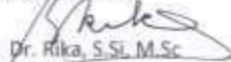
Absen : Narasumber, Moderator dan Peserta FGD Penelitian  
LPPM UIN Suska Riau Tahun 2019

Judul : FGD STUDI PEMANFAATAN SAMPAH DAUN LINGKUNGAN KAMPUS  
UIN SUSKA RIAU UNTUK ELEKTRODA PIRANTI PENYIMPAN ENERGI SUPERKAPASITOR

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Dr. Erman Taer, M.Si	Narasumber	1 
2	Dr. Rika, S.Si, M.Sc	Moderator	2 
3	Marhama Jelita, S.Pd, M.Sc	Peserta Dosen	3 
4	Susi Afriani, MT	Peserta Dosen	4 
5	Agustino, M.Si	Trainer	5 
6	Apriwandi, S.Si	Trainer	6 
7	Suwandana	Peserta Mahasiswa	7 
8	Suedi	Peserta Mahasiswa	8 
9	MiftahAinulMardiah	Peserta Mahasiswa	9 
10	DerisAfdalYusra	MC	10 
11	Aprilia Sausanti	Peserta Mahasiswa	11 
12	BimaKumalaLevanadea D.	Peserta Mahasiswa	12 
13	FriskaFebriyanti	Peserta Mahasiswa	13 
14	LiniPratiwi	Peserta Mahasiswa	14 
15	Martauli Br Sihombing	Peserta Mahasiswa	15 
16	Mega RatnaDewi	Peserta Mahasiswa	16 
17	Melisa	Peserta Mahasiswa	17 
18	M. Ali Akbar Tsalis	Peserta Mahasiswa	18 
19	Muhammad Exa Fadli	Peserta Mahasiswa	19 
20	Nikmatun Nazilah	Peserta Mahasiswa	20 
21	Novi Yanti	Peserta Mahasiswa	21 
22	Resta Edra Ridholana	Peserta Mahasiswa	22 
23	Verdy Manoto Naipospos	Peserta Mahasiswa	23 

Pekanbaru, 13 Oktober 2019

Ketua Peneliti

  
Dr. Rika, S.Si, M.Sc

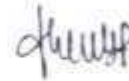
NIK. 130 514 005

KWITANSI

Nomor : 57/2018  
No order : 39/2018/BET  
Telah terima dari : Suandana  
Uang sejumlah : Dua Juta Rupiah  
Untuk pembayaran : Biaya penggantian bahan habis dan perawatan alat analisis  
BET, 4 sampel

Bandung, 17/11/2018

Rp 2.000.000



KWITANSI

Nomor : 58/2018  
No order : 40/2018/BET  
Telah terima dari : Suedi  
Uang sejumlah : Satu Juta Rupiah  
Untuk pembayaran : Biaya penggantian bahan habis dan perawatan alat analisis  
BET, 2 sampel

Bandung, 17/11/2018

Rp 1.000.000



Melly Listiana

KWITANSI

Nomor 44/2018  
No order 41/2018/BET  
Telah terima dari Anshori Kasri  
Uang sejumlah Satu Juta Rupiah  
Untuk pembayaran Biaya penggantian bahan habis dan perawatan alat analisis  
BET, 2 sampel

Bandung, 17/11/2018

**Rp 1.000.000**

Melly Listiana



 470440009607919	 Pusat LABOR FISIKA MATERIAL D. Pemerintah OPT LABOR TERPADU DAN SENTRA	Tanggal : 30-09-2019 14:51
		No. Pelanggan : 10511000
		Servis : 113
		Centra : SAMPEL
		Berat : 1 kg
		Jumlah Kemasan : 1
		Biaya Kirim : Rp10.000,-
		Kota Tujuan : Rambah, Bantefempung
		Asuransi : Tidak
		Diantar maks. : 01-10-2019

Untuk informasi dan pengisian status silakan kunjungi [www.jtas.co.id](http://www.jtas.co.id)



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**LABORATORIUM SCANNING ELECTRON MICROSCOPE**  
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132, Gedung Basic Science Center A, Telp (022) 2517011

**KUITANSI**

Nomor **128 K-SEM-2019**

Telah Terima dari Suwandana

Jurusan/Perusahaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Uang Sejumlah Satu Juta Lima Puluh Ribu Rupiah

Biaya Pengujian SEM/EDS sebanyak 3 sampel (@Rp. 350.000,-), Order ID 233

Rp 1.050.000,-

Bandung, 21 Juni 2019  
Yang Menerima,  
Ka. Subag. Keuangan FMIPA ITB





KEMENTERIN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FMIPA  
LABORATORIUM XRD & XRF

KAMPUS UNHAS TAMALANREA JL. PERINTIS KEMERDEKAAN Km. 10 Makassar 90245  
Telp. (0411) 510200 PES 2403,2404,2405,2407,2615) 0411 587634 FAX 0411-588551

## KUITANSI

No. SB029\XRD\XRF\VI\2019

Dengan surat ini, kami menerangkan bahwa mahasiswa yang ber- :

Nama : Suwandana  
Jurusan : Universitas Riau

Jenis pengukuran : XRF/XRD  
Jenis sampel : **padatan**/batuan/cairan/tanah/logam/aspal  
Bahan Penelitian : Daun Angsana ( 3 sampel )

Biaya pengujian : XRD ( Rp. 150.000,00/ sampel )  
Total biaya pengujian : *Empat Ratus Lima Puluh Ribu Rupiah*

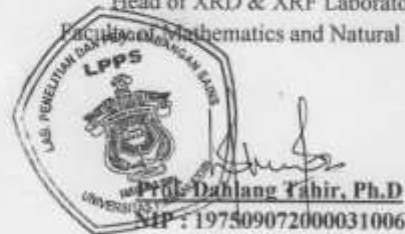
Diterima oleh Heryanto laboran laboratorium XRD dan XRF FMIPA Unhas

450.000,-

Makassar, Juni 2019

Head of XRD & XRF Laboratory

Faculty of Mathematics and Natural Science



Email : [tantophysics@gmail.com](mailto:tantophysics@gmail.com)  
085255903684/Line/WA



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
LABORATORIUM SCANNING ELECTRON MICROSCOPE  
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132, Gedung Basic Science Center A, Telp (022) 2517011

**KUITANSI**

Nomor 128 K-SEM-2019

Telah Terima dari Suedi

Jurusan/Perusahaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Uang Sejumlah Dua Juta Seratus Ribu Rupiah

Biaya Pengujian SEMEDS sebanyak 6 sampel (@Rp. 350.000,-), Order ID 233

Rp 2.100.000,-

Bandung, 21 Juni 2019

Yang Menerima,

Ka. Subag. Keuangan FMIPA ITB



Kurniawan, S.E.



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
LABORATORIUM SCANNING ELECTRON MICROSCOPE  
Jalan Ganesha-10 Bandung 40132, Gedung Basic Science Center A, Telp (022) 2517011

**KUITANSI**

Nomor **128 K-SEM-2019**

Telah Terima dari **Suwandana**

Jurusan/Perusahaan **Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau**

Uang Sejumlah **Satu Juta Lima Puluh Ribu Rupiah**

Biaya Pengujian **SEMEDS sebanyak 3 sampel (@Rp. 350.000,-), Order ID 233**

Rp **1.050.000,-**

Bandung, 21 Juni 2019  
Yang Menerima,  
Ka. Subag. Keuangan FMIPA ITB

Kurmawan, S.E.



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
LABORATORIUM SCANNING ELECTRON MICROSCOPE  
Jalan Ganesha-10 Bandung 40132, Gedung Basic Science Center A, Telp (022) 2517011

**KUITANSI**

Nomor **128 K-SEM-2019**

Telah Terima dari **Suwandana**

Jurusan/Perusahaan **Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau**

Uang Sejumlah **Satu Juta Lima Puluh Ribu Rupiah**

Biaya Pengujian **SEMEDS sebanyak 3 sampel (@Rp. 350.000,-), Order ID 233**

Rp **1.050.000,-**

Bandung, 21 Juni 2019  
Yang Menerima,  
Ka. Subag. Keuangan FMIPA ITB

Kurmawan, S.E.



# ARBI Printing

www.arbiprinting.com  
0852 6576 5306

Pekanbaru : 12/10/19  
Kepada Yth :  
HPITELPIWA :  
TGL SELESAI :

DIGITAL PRINTING - KONVEKSI - SOUVENIR - REKLAME - UNDANGAN - PIALA - SELEMPANG

JALAN BANGAU SAKTI, DEPAN GERBANG FENON UNRI PANAM, PEKANBARU-RIAU

NO. 2345

QTY	PRODUK	UKURAN	JENIS BAHAN	@ HARGA	JUMLAH
2	Spanduk	2x1		30.000	60.000



PENERIMA,

TOTAL : 60.000  
UANG MUKA :  
SISA :

\*BARANG TAK BISA DIBELI 2 MINGGU, HITUNG BUKAN DANGSING JAWAB KAMI

## SHYVA copier

Jl. Kamboja panam

Hub: 0811 6673 265

Pekanbaru : 20  
Kepada Yth :  
di :

NO. FAKTUR :

Banyaknya	Nama Barang	Harga	Jumlah
	foto copy dan file		200.000
Barang-barang yang sudah dibeli tidak dapat ditukar/dikembalikan		SHYVA FOTOCOPY	
Tanda Terima,		Bayar Rp. 200.000	
		Jl. Kamboja No. 85	

Pekanbaru, 08/12/2019

**FAKTUR No. : 217783**

Banyaknya	Nama Barang	Serial Number	Jumlah
2	Tinta Epson Ori		116.000
			Jumlah Rp. 116.000

NB : Barang yang sudah dibeli tidak dapat ditukar/dikembalikan

Tanda Terima,

Hormat Kami,



Scanned with CamScanner


**PERTAMINA**  
 SPBU 14.282.618  
 Jl. Yos Sudarso  
 Pekanbaru  
 Riau  
 Sabtu, 20 Oktober 2019 10:56:52

---

No. Pompa : 1  
 No. Selang : 1  
 No. Nota : 1  
 Jenis BBM : Premium  
 Liter : 1  
 Harga/Liter : Rp. 130.000  
**Total** : Rp. 130.000

---

Operator :  
 Terima kasih dan Selamat Jalan


**PERTAMINA**  
 SPBU 14.282.603  
 Jl. Yos Sudarso  
 Pekanbaru  
 Riau, 17 September 2019 11:56:52

---

No. Pompa : 2  
 No. Selang : 4  
 No. Nota : 2530  
 Jenis BBM : Premium  
 Liter : 15,51  
 Harga/Liter : Rp. 6.450  
**Total** : Rp. 100.000

---

Operator :  
 TERIMA KASIH


**PERTAMINA**  
 SPBU 14.282.617  
 Jl. Yos Sudarso  
 Pekanbaru  
 Riau, 20 Oktober 2019 10:12:44

---

No. Pompa : 4  
 No. Selang : 3  
 No. Nota : 1421  
 Jenis BBM : Premium  
 Liter : 21,00  
 Harga/Liter : Rp. 8.450  
**Total** : Rp. 177.450

---

Operator :  
 Terima kasih dan Selamat Jalan


**PERTAMINA**  
 SPBU 14.282.661  
 Jl. Arifin Ahmad Pekanbaru RT0  
 Pekanbaru  
 Riau, 14 Oktober 2019 10:12:44

---

No. Pompa : 4  
 No. Selang : 3  
 No. Nota : 1421  
 Jenis BBM : Premium  
 Liter : 21,00  
 Harga/Liter : Rp. 8.450  
**Total** : Rp. 177.450

---

Operator :  
 Terima kasih dan Selamat Jalan

PT. Petro Indonesia Sejati  
 SPBU 14.282.618  
 Jl. Yos Sudarso - Harapan Raya  
 Pekanbaru - Riau  
 Shift: 1. No Trans: 78671  
 Waktu: 01/12/2019 12:07:41  
 Pompa/Pipa : 141-B  
 Produk : Premium  
 Harga/L : Rp. 6.450  
 Jal Liter : 23,26 L  
 Jal Runtak : Rp. 150,000  
 TERIMA KASIH  
 SELAMAT JALAN  
 SEMOGA SELAMAT SAMPAI TUJUAN

SPBU 14.281.618  
 Malthandhani Rachman  
 Jl. Tarkus Tambora Pekanbaru  
 Telp: 076107033  
 01/12/2019 15:58  
 Receipt No: 9079  
 Pump No: 03  
 Grade: PREMIUM  
 Volume: 31,00  
 Unit Price: 6450  
 Amount: 200000  
 Vehicle No.:  
 Nil. Entered:  
 TERIMA KASIH  
 SEMOGA ANDA PIJAS



SPBU 14.282.661

Jl. Sempurna No. 101, Pekanbaru

Revisi: 00/12/2019 12:00:00

Noor Pump : 4  
 Noor Selang : 3  
 Noor Mota : 1421  
 Jenis BBM : Premium  
 Liter : 31,00  
 Harga/Liter : Rp. 6.450  
 Total : Rp. 200.000

Operator : 1

Terima kasih dan Selamat Jalan



SPBU 14.282.661

Jl. JARIFIN AHMAD PTOROH RT0  
PEKANBARU

Rabu, 16 October 2019 10:07:46

Noor Pump : 4  
 Noor Selang : 3  
 Noor Mota : 1421  
 Jenis BBM : Premium  
 Liter : 31,00  
 Harga/Liter : Rp. 6.450  
 Total : Rp. 200.000

Operator : 1

Terima kasih dan Selamat Jalan

Jl. Petra Melan Sejaht  
 SPBU 14.281.618  
 Jl. Ika Mandor - Simpang Tiga  
 Pekanbaru - Riau

Shift: 1 (No. Trans: 75671)  
 Waktu: 00/12/2019 12:00:00

Pulas/Pump : 143-8  
 Grade : Premium  
 Harga/L : Rp. 6.450  
 Jal Liter : 23,26 L  
 Jal Bayar : Rp. 150.000

TERIMA KASIH  
 SELAMAT JALAN  
 DENGAN SELAMAT SEMUA TUNGGAL

SPBU 14.281.618

Mallondruani Rachman

Jl. Tuanku Tambusai - Pekanbaru  
Telp: 0776 007033

00/12/2019 15:00  
Receipt No : 0079

Pump No: 03  
 Grade: PREMIUM  
 Volume: 31,00  
 Unit Price: 6450  
 Amount: 200000

Vehicle No. Not Entered

TERIMA KASIH  
SEMOGA ANDA PUAS

# GUEST BILL

No. 059523

Date	Table No.	Server By	Cover	Cashier

18/05/19 14:19 Bill No. 20910

Room Service  
Table 17 1 OKTA  
Guest 1209

Bebek Goreng 55,000  
Sop Ayam 50,000  
Pisang Paka 75,000  
Subtotal 180,000

SERVICE CHA 19,000  
GOVERNMENT 20,900

TOTAL 229,900

Guest Name : \_\_\_\_\_ Room No: 1209  
Signature : \_\_\_\_\_ (B)

**Best Western Premier Solo Baru**

Jl. H. Soekarno, Solo Baru, Sukoharjo 57562, Indonesia P. +62 271 621 023 bestwestern.com



<< TERIMA KASIH ATAS KUNJUNGAN ANDA >>



DAPIR DIPA  
Jl. Diponegoro  
KOTA PEKANBARU  
081261994052

Kode toko: 0721.00000  
No. meja: E  
Tanggal: 21-09-2019 15:43:26  
Kasir: MANAR

ayam pangrat - DADA x 3 42.000  
goreng steak x 1 46.000  
nasi goreng ayam x 1 20.000  
+ Harga (20.000)  
+ PPN x 1 (0)  
capray seafood x 1 20.000  
nasi putih x 6 36.000  
Tahu kocak & tempe x 2 28.000  
Capucino - Birgin x 1 12.000  
wanggo juice x 1 14.000  
Air putih - Hangat x 4 0  
Serah hot hot x 1 14.000  
Kerupuk udang bershalis  
x 2 20.000

Subtotal 277.000  
PPN (10%) 25.200  
Total 277.200  
Debit BCA  
Kembali 0

\*\* LUNAS \*\*

Terima Kasih

FOOD PARK - THE PARK MALL  
Jl. Soekarno madagondo sulasarjo

Tgl. Kasir: 19/08/2019 16:38:16  
Kasir: via  
Payment: C  
CT: 140925531

Makanan	Jml	Harga	Total
Es melok	1	18182	18.182
Sub Total	Rp		18.182
Tax	Rp		1.818
Pembulatan	Rp		0
TOTAL	Rp		20.000
BAYAR	Rp		20.000
KEMBALI	Rp		0

RESTORAN & RESTORAN  
**Pultra Buana**

Jl. H. Sabarwalah Dekat RS Awal Bros Komplek Pangasinan Duta - Pekanbaru  
Telp: 0821 2300 4010 / 0821 2300 4011 / 0821 0332 8813

FAKTUR No. F-MIPA UNRI

Banyaknya	Jenis Makanan	Harga @	Jumlah
1	N CO	Rp 25.000	
23	N Ayam / Ikan	Rp 16.000	

JUMLAH Rp 393.000  
Yang Menandatangani / Mengetahui Pelanggan, 13/10/2019

6 x 10 : 60.000  
capucino es x 2 : 14.000  
Serangga : 6.000  
Pant : 6.000  
Jenak : 6.000  
TD : 6.000

Rp 98.000



**DD**

PT. DINDA DINDA

Jl. Diponegoro No. 101A Semarang

Telp. (061) 51994052

Uang Tunai	100.000
Uang Tunai	100.000
Diskon	0
Pajak	0
PPN	0
<b>Total</b>	<b>200.000</b>

DINDA DINDA

**PT. DINDA DINDA**

Jl. Diponegoro No. 101A Semarang

Telp. (061) 51994052

Kode Transaksi: 42FZL3Y688K

No. Surat: F

Tanggal: 09-09-2018 16:20:42

Kategori: **BARANG**

Uang tunai x 5	38.000
Sepatu anak kasual x 1	25.000
Uang tunai x 1	20.000
Sepatu anak x 1	22.000
Uang tunai x 1	14.000
Uang tunai - Barang x 3	0
Uang tunai x 2	24.000
Uang tunai - Barang x 2	28.000
Uang tunai - Barang x 1	14.000
<b>Subtotal</b>	<b>211.000</b>
<b>PPN (10%)</b>	<b>21.100</b>
<b>Total</b>	<b>232.100</b>
<b>Total</b>	<b>0</b>
<b>Saldo</b>	<b>232.100</b>

**\*\* LUNAS \*\***

Terima kasih

2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

International Conference and Exhibition  
on Powder Technology Indonesia

August 20-21, 2019  
Best Western Premier Hotel  
Solo Baru, Central Java, Indonesia

**RECEIPT FOR PAYMENT**

Name : Rika Taslim  
Affiliation : University of Riau  
Payment : 3.500.000 IDR  
Description : Registration of ICePTi 2019

Solo, 20 August 2019

2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

Didah Sahidah  
Finance

2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

International Conference and Exhibition  
on Powder Technology Indonesia

August 20-21, 2019  
Best Western Premier Hotel  
Solo Baru, Central Java, Indonesia

**RECEIPT FOR PAYMENT**

Name : Rika Taslim  
Affiliation : UIN SUSKA RIAU  
Payment : 3.500.000 IDR  
Description : Registration of ICePTi 2019

Solo, 20 August 2019

2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

  
Didah Sahidah  
Finance



2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

International Conference and Exhibition  
on Powder Technology Indonesia

AUGUST 20-21, 2019  
Best Western Premier Hotel  
Solo Baru, Central Java, Indonesia

Name : Rika Taslim  
Affiliation : UIN SUSKA RIAU  
Payment : 1.500.000 IDR  
Description : Additonal Paper of ICePTi 2019

, Solo, 20 August 2019

2<sup>nd</sup> ICePTi 2019

Didah Sahidah  
Finance

**RECEIPT**

Number : #1642181232056888894  
 Date : 18 Aug 2019, 12:27 (Sunday)


**CUSTOMER DETAILS**

Name : Rika  
 Email : rikatasm@gmail.com  
 Contact Number : +6281378835660

**PAYMENT DETAILS**

P.O. NUMBER : 514494669 STATUS : Paid  
 METHOD : Bank Transfer

**PASSENGER DETAILS**

MRS Rika (ADULT) | MISS Aqeelah Iman Najihah (CHILD)

**PURCHASE DETAILS**

No	Type of Item	Item Description	Qty	Price per unit Rp	Total Rp
1	Flight Ticket	Citilink (Adult) JOG - PKU   Aug 22, 2019	1	1.701.700	1.701.700
		Citilink (Child) JOG - PKU   Aug 22, 2019	1	1.290.025	1.290.025
2	Add-ons	Prepaid Baggage		0	0
TOTAL					2.991.725
ADMINISTRATION FEE					-56
PAYMENT AMOUNT					2.991.669



Should you have further enquiries, please contact us:

Phone: +62-804-150-0308

Email: [cs@traveloka.com](mailto:cs@traveloka.com)

Terms and Conditions apply. Please refer to <http://www.traveloka.com/termsandconditions>

**RECEIPT**

Number : #1641977651268703744  
 Date : 16 Aug 2019, 06:31 (Friday)


**CUSTOMER DETAILS**

Name : Rika  
 Email : rnkataslim@gmail.com  
 Contact Number : +6281378835660

**PAYMENT DETAILS**

P.O. NUMBER : 513351468 STATUS : Paid  
 METHOD : Bank Transfer

**PASSENGER DETAILS**

MRS Rika (ADULT) | MISS Ageela Iman Najihah (CHILD)

**PURCHASE DETAILS**

No	Type of Item	Item Description	Qty	Price per unit Rp	Total Rp
1	Flight Ticket	Citilink (Adult) PKU - JOG   Aug 19, 2019	1	1,726,700	1,726,700
		Citilink (Child) PKU - JOG   Aug 19, 2019	1	1,315,025	1,315,025
2	Add-ons	Prepaid Baggage		0	0
TOTAL					3,041,725
ADMINISTRATION FEE					-257
PAYMENT AMOUNT					3,041,468



Should you have further enquiries, please contact us:

Phone: +62-804-150-0308

Email: cs@traveloka.com

Terms and Conditions apply. Please refer to <http://www.traveloka.com/termsandconditions>

# Citilink

Flight: **QG 782**

Date: **19AUG19**

Name: **RIKA/RIKA**

From: **PEKANBARU**

Boarding Time: **07:15**

To: **JOGYAKARTA**

PNR: **F9SI5M**

Seat: **4B**    Sec: **155**

Gate: **02**    Class: **Y**

GarudaMiles Member ID:

SSR:

Pada Pelanggan YTH

Dalam rangka keamanan dan keberangkatan tepat waktu diminta untuk:

1. Memastikan nomor ruang tunggu dan berada 40 menit sebelum jadwal keberangkatan
2. Menunjukkan identitas saat naik ke Pesawat
3. Hanya diperbolehkan 1 tas max 7 kg dibawakan cabin

PERHATIAN BEBAS ROKOK — STOP NARKOBA (NON SMOKING FLIGHT — STOP DRUGS)  
TERIMA KASIH TELAH TERBUANG BERSAMA CITILINK



**BOARDING PASS**

# Citilink

Name:

**RIKA /  
RIKA**

From: **JOG** To: **PKU**

Gate: **T8D**

Boarding Time: **09:55**

K:  
**RIK**  
Fru:  
**JOG**

Schedule:

**22 August 2019**

Jogjakarta / 10:10  
Pekanbaru / 12:40

Se: **22E**

Flight: **QG 783**

Book tag code: **JILS2B**

Gate:  
**T8D**  
Book:  
**JILS**  
Cm:

Sequence:  
**0054**

SSR

Super green seater ID

22  
Tag  
P:



1. Memastikan nomor ruang tunggu dan berada 40 menit sebelum jadwal keberangkatan
  2. Menunjukkan identitas saat naik ke Pesawat
  3. Hanya diperbolehkan 1 tas max 7 kg dibawakan cabin
- PERHATIAN BEBAS ROKOK — STOP NARKOBA

billing@native-proofreading.com



# RECEIPT

NOVEMBER 18, 2019

**NATIVE PROOFREADING SERVICE (NPS)**  
**WWW.NATIVE-PROOFREADING.COM**

## BILL TO

Rika Taslim  
UIN Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. HR. Soebrantas, Pekanbaru

ITEM DESCRIPTION	QTY	PRICE	AMOUNT
Porous structure and high capacitance of activated carbon prepared from biomass waste (Rija-rija Grass Plants) for Supercapacitor Electrodes	1 paper	Rp. 649.500	Rp. 649.500
<b>TOTAL</b>			Rp. 649.500



**NATIVE PROOFREADING**

SINCE 2013  
www.native-proofreading.com

THIS DOCUMENT CERTIFIES THAT THE MANUSCRIPT LISTED ABOVE WAS EDITED FOR PROPER ENGLISH LANGUAGE, GRAMMAR, PUNCTUATION, SPELLING, AND OVERALL STYLE BY ONE OR MORE OF THE HIGHLY QUALIFIED NATIVE ENGLISH SPEAKING EDITORS AT NATIVE PROOFREADING SERVICE (NPS)

# THANK YOU

